การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จีรพรรณ ชวาลสันตติ

GRAD VRU

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2563

THE DEVELOPMENT OF PHYSICS INSTRUCTION MODEL BY STEM EDUCATION CONCEPT TO DEVELOP INNOVATIVE CREATIVITY AND ACHIEVEMENT OF GRADE 11 STUDENTS

JERAPUN CHAWALSUNTATI

GRAD VRU

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN CURRICULUM AND INSTRUCTION
GRADUATE SCHOOL
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE PATHUM THANI
2020

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

GRAD VRU

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ชื่อนักศึกษา	จีรพรรณ ชวาลสันตติ
รหัสประจำตัว	56B74680102
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา คงทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พิทักษ์ นิลนพคุณ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ
(อาจารย์ ดร.แสน สมนึก)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีร์ธนิกษ์ ศิริโวหาร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 20 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ชื่อนักศึกษา	จีรพรรณ ชวาลสันตติ
รหัสประจำตัว	56B74680102
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์
กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล
กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา คงทอง

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของฟิสิกส์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 3) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้อง โดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ซึ่งมีความเหมาะสมสอดคล้อง 0.80 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 – 1.00 ค่าความยาก 0.20 – 0.80 และความเชื่อมั่นที่ระดับ 0.81 ใช้สถิติการทดสอบค่าที วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ 65 เปอร์เซนต์ และใช้สถิติความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำ วิเคราะห์พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ผลการวิจัยพบว่า

1. ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของฟิสิกส์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย 1) ความสำคัญของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 2) องค์ประกอบสำคัญ และปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 3) ปัญหาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 4) เนื้อหา สาระ 5) กระบวนการสอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 6) ความพร้อมของครูในด้านความรู้ การออกแบบกิจกรรม 7) ความพร้อมของนักเรียน 8) จุดเด่น

จุดด้อยของหลักสูตร 9) จุดเด่น จุดด้อยของสะเต็มศึกษา 10) แหล่งการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม 11) การวัดประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยมีกระบวนการสอน 7 ขั้นดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นวางแผนการทำงาน 4) ขั้นการออกแบบและปฏิบัติสร้างชิ้นงาน 5) ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุง 6) ขั้นนำเสนอผลงาน 7) ขั้นสรุปและประยุกต์ โดยมีความเหมาะสมสอดคล้อง ระหว่าง 0.80 - 1.00

2. รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มี 8 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบ 3) เนื้อหา สาระ 4) กระบวนการสอน 5) หลักการตอบสนอง 6) ระบบสังคม 7) ระบบสนับสนุน 8) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมสอดคล้อง ระหว่าง 0.71 - 1.00

3. การใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\bar{X}$ = 14.25 จากคะแนนเต็ม 20) และ 2) ผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการเรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มมีความก้าวหน้าขึ้นดังนี้ ระยะที่ 1 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ระดับน้อย ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับปานกลาง และระยะที่ 4 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในระดับดี ซึ่งทุกระยะมีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

GRAD VRU

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

Thesis Title	The Development of Physics Instruction Model by STEM Education Concept to Develop Innovative Creativity and Achievement of Grade 11 Students
Student	Jerapun Chawalsuntati
Student ID	56B74680102
Degree	Doctor of Philosophy
Field of Study	Curriculum and Instruction
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Rekha Arunwong
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Dr.Kanreutai Klangphahol
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Dr.Usa Kongthong

ABSTRACT

This research was 1) to study and synthesize information to develop a Physics instruction model based on STEM education concepts to develop innovative creativity and achievement for grade 11 students, 2) to develop Physics instruction model based on STEM education concepts to develop innovative creativity and achievement for grade 11 students, and 3) to study the effects of using the Physics instruction model based on STEM education concepts to develop innovative creativity and achievement of grade 11 students. The sample group consisted of a class of grade 11 students which was selected by cluster random sampling. The tools used for collecting data were questionnaires. Innovative creativity test, and the achievement test that was IOC 0.80-1.00, discrimination 0.20 -1.00, difficulty index 0.20-0.80 and reliability 0.81. One sample t-test used to analyze achievement with criteria and one-way repeated measure ANOVA was used to analyze development of innovative creativity.

The results showed that:

1. Basic information in physics instruction based on STEM education concept to develop innovative creativity and achievement of grade 11 students, consists of 1) the importance of the development of innovative creativity, 2) the important elements and factors affecting the development of innovative creativity, 3) problems of STEM education activities, 4) contents, 5) teaching processes for the development

of innovative creativity, 6) teacher readiness of knowledge to design activities, 7) student readiness, 8) strengths and weaknesses of the curriculum, 9) strengths and weaknesses of STEM educational activities, 10) learning sources, suitable environment, 11) assessment in terms of innovative creativity and achievement, and teaching processes of Physics instruction model based on STEM education concepts to develop innovative creativity and achievement for grade 11 students consist of 7 steps as follows: 1) problem identification or problem definition, 2) data collection and concepts related to the problem, 3) work planning, 4) design and practice creating a piece, 5) assessment, development, testing, and improvement, 6) presentation, and 7) summary and application. With IOC conformance assessment between 0.80 - 1.00.

2. The Physics instruction model based on the STEM education concepts to develop innovative creativity and achievement for grade 11 students consist of 8 components, which are 1) the principles of form, 2) the purpose of form, 3) the content, 4) the teaching process, 5) the principles of response, 6) the social system, 7) the support system, and 8) the effect on the students with an evaluation of suitability in accordance with IOC between 0.71 - 1.00.

3. The effects of using physics instruction model based on STEM educational concepts to develop innovative creativity and achievement of grade 11 students were the following 1) The average achievement of grade 11 students in the experimental group after the study was higher than the standard criteria of 65 percent with statistical significance at the level of 0.05 ($\bar{x}$ = 14.25 from 20). And 2) The result of the innovative creativity of grade 11 students of the experimental group being taught according to the physics instruction model based on the STEM education concept has progressed with period phase 1 has a low level of innovative creativity phase 2 and phase 3 have a moderate level, and phase 4 has a good level, every phase has a higher level of innovative creativity. The results were statistically significant at a level of 0.01.

Keywords: STEM Education, Innovative Creativity, Achievement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา คงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ดูและและให้แนะนำอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาของการศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำเพื่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบประเมินองค์ประกอบรูปแบบ รูปแบบการสอน ตลอดจน แบบวัด และประเมินผล เป็นอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในการสอบสัมภาษณ์ ที่กรุณาให้ข้อมูล คำแนะนำเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนสุธีวิทยา ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บิดา มารดา บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความเมตตาและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา

GRAD VRU

จีรพรรณ ชวาลสันตติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
1.4 สมมติฐานของการวิจัย	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	7
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 รูปแบบการสอน	13
2.2 หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551	27
2.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	32
2.4 การสอนฟิสิกส์	36
2.5 แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	49
2.6 ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	65
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	81

GRAD VRU

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	89
3.1 การวิจัยระยะที่ 1	89
3.2 การวิจัยระยะที่ 2	96
3.3 การวิจัยระยะที่ 3	108
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	111
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	114
4.1 ผลการสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา	114
4.2ผลการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	122
4.3 ผลการศึกษาการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	129
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	134
5.1 การดำเนินการวิจัย	134
5.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย	135
5.3 อภิปรายผล	138
5.4 ข้อเสนอแนะ	142
บรรณานุกรม	144
ภาคผนวก	155
ภาคผนวก ก รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	156
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5	185

GRAD VRU

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ตารางวิเคราะห์และสังเคราะห์ หลักการของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..... 228
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์และสังเคราะห์ ขั้นตอนกระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 232
ภาคผนวก จ ตาราง การวิเคราะห์ และสังเคราะห์บทบาทครูผู้สอน และบทบาทนักเรียน..... 234
ภาคผนวก ฉ ตาราง การวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน..... 246
ภาคผนวก ช แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..... 251
ภาคผนวก ซ แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 260
ภาคผนวก ฌ แบบประเมินความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิง แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม..... 263
ภาคผนวก ญ ผลการวิเคราะห์ผลการสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชา วิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 ปีการศึกษา 2559 – 2561..... 271
ภาคผนวก ฎ ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที 5..... 273
ประวัติผู้วิจัย..... 279

GRAD VRU

GRAD VRU

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	17
2.2	การวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์.....	20
2.3	การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	35
2.4	แสดงผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	64
2.5	การวิเคราะห์และสังเคราะห์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่สังเคราะห์ได้จากแนวคิดต่าง ๆ	77
2.6	การวิเคราะห์ สังเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน.....	79
3.1	แสดงรายละเอียดของการปรับปรุงรูปแบบการสอนเบื้องต้น แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	101
3.2	แสดงรายละเอียดของการปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	105
3.3	แสดงรายละเอียดของการปรับปรุง แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	106
3.4	แสดงรายละเอียดของการปรับปรุงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ.....	107
3.5	แสดงการจัดการสอนตามรูปแบบการสอนตามรูปแบบและการวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	109

GRAD VRU

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงผลการสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	114
4.2	แสดงผลการประเมินความเหมาะสม สอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	126
4.3	แสดงผลการประเมินความเชื่อมั่นของ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน.....	128
4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ กับเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65.....	130
4.5	แสดงผลค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ จำนวน 4 ครั้ง.....	131
4.6	แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม.....	131
4.7	ผลการเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการรายคู่ของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม.....	132

GRAD VRU

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2.1	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	39
2.2	กระบวนการทางเทคโนโลยี	54
2.3	ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills)	65
2.4	โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford	71
3.1	กรอบแนวคิดการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	89
3.2	กรอบแนวคิดพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	96
3.3	กรอบแนวคิดการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	108
3.4	การสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อ	
4.1	พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	125
5.1	การสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	137

GRAD VRU

GRAD VRU

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพการเปลี่ยนแปลงสังคมโลก โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยี การสื่อสาร การค้า และการคมนาคมจนส่งทำให้หลายประเทศให้ความสำคัญในการเตรียมคนรุ่นใหม่ให้สามารถดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้ ในสภาพสังคม และเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลง ประกอบกับคุณภาพทางการศึกษาของนักเรียนไทยอยู่ในเกณฑ์ต่ำ นักเรียนมากกว่าครึ่งมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐานของนานาชาติ (สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์, 2559) ซึ่งอาจส่งผล ต่อการประกอบอาชีพของเยาวชนไทยในอนาคต และจากสภาพปัญหาการจัดการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน ไม่สอดคล้อง ต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคม เนื่องจากครูยังคงเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาให้เด็กท่องจำทำให้นักเรียนคิดไม่เป็น เกิดความทุกข์ การท่องหนังสือก่อให้เกิดความเบื่อหมาย ต่อการเรียน นักเรียนขาดความตั้งใจในการเรียนรู้ ส่งผลให้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนโรงเรียนสุธีวิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ในระดับประเทศ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปฏิรูปการศึกษา เพื่อให้นักเรียนมีคุณภาพตามที่คาดหวังคือ ต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำ และฝึกคิดด้วยตนเอง

ปัญหาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ของผู้วิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยา อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี พบว่าเมื่อผู้สอนจัดกิจกรรมการนำความรู้จากเรื่องที่เรียนมาออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงานมักขาดความหลากหลาย เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคิดสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งเดิม หรือมักลอกเลียนแบบความคิดของเพื่อนในห้อง ขาดความมั่นใจในการสร้างชิ้นงานเอง กลัวความผิดพลาด และไม่สามารถอธิบายที่มาของแนวคิด และการวิเคราะห์การทำงานได้ ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ไม่เพียงพอ ขาดความมั่นใจในการนำเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ จึงต้องเน้นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบ เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และสิ่งแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2557) และฝึกให้นักเรียนเป็นผู้มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเพื่อให้สังคมไทยในอนาคตเป็นสังคมที่มีความเจริญทางด้านนวัตกรรม และเทคโนโลยี (อารี พันธ์มณี, 2545) ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวทุกคนสามารถส่งเสริมคุณลักษณะนี้ให้พัฒนาได้จากการฝึกคิด การลงมือทำ และการสร้างบรรยากาศ จากการศึกษางานวิจัยพบว่า นักเรียนในวัยมัธยมศึกษาเป็นช่วงที่นักเรียนมีความคิดเป็นตัวของตัวเองสูง เหมาะแก่การพัฒนา และส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิด

สร้างสรรค์ (Torrance, 1992) รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เหมาะสำหรับการส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากเป็นวิชาที่ต้องอาศัยการสืบเสาะหาความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา และค้นคว้าหาคำตอบ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นพื้นฐานของวิศวกรรมศาสตร์ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ดังนั้นในการพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการจัดการศึกษา คือ การนำแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มาใช้เป็นแนวทางการจัดการศึกษา ที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการ หรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เยาวชนสามารถบูรณาการความคิดได้อย่างรอบด้าน รู้เท่ากันสถานการณ์ สิ่งแวดล้อม สามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหารวมถึงสร้างสรรค์นวัตกรรมทั้งในด้านความคิด กระบวนการ และสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ และเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้แก้ด้านปัญญา ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาด้านทักษะการคิด ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะกาคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ด้านคุณลักษณะ ทำให้ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม การสื่อสาร โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำ ทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎี หรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาความคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา การหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้ หรือบูรณาการกับชีวิตจริง รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคตที่มีประโยชน์ ต่อการประกอบอาชีพในอนาคต (ชาลี จันทร์เรือง, 2558) “สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนากำลังคนที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรม และองค์ความรู้แบบใหม่ ๆ เพื่อรองรับการเข้าสู่ตลาดแรงงาน และการประกอบอาชีพได้ เพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศได้” (ตวง อันทะไชย, 2558) ทำให้กระทรวงศึกษาธิการให้ความสำคัญกับสะเต็มศึกษา (STEM Education) มากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมน้อย ทำให้ขาดองค์ประกอบที่สำคัญ ต่อการพัฒนาสังคม และเศรษฐกิจที่เป็นรูปธรรม และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางนวัตกรรม และความรู้ที่ยั่งยืน สังคมไม่ได้ใช้ความรู้ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีในการตัดสินใจแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม โครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ไม่เพียงพอ และเชื่อมโยง ขาดการเข้าถึงที่มีประสิทธิภาพ การผลิต และพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไม่เพียงพอ ขาดคุณภาพ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมอย่างเร่งด่วน (คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับโมเดลการพัฒนาประเทศไทย Thailand 4.0 โดยท่านนายกรัฐมนตรี พล.อ. ประยุทธ์ จันทร์โอชา ให้นโยบายเพื่อพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน มุ่งเน้นการ

ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม ซึ่งโมเดลจะสำเร็จได้จำเป็นต้องพัฒนาระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยระบบการศึกษาตามแนวคิด Education 4.0 คือ การเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้ตอบสนองความต้องการของสังคม เน้นการแสวงหาการเรียนรู้ได้เอง อย่างท้าทายสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ ต่อยอดความรู้ ความคิด และประยุกต์ใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ ได้เหมาะสมกับตนเอง สังคม ตามสถานการณ์ แนวคิดนี้จึงนำหลักการเกี่ยวกับยุคสมัยใหม่ ที่ตรงความสนใจของเยาวชนยุคใหม่ที่มีชีวิตในโลกไซเบอร์และเป็นการศึกษาสู่อนาคตที่เน้นการผลิตคนไปสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างแท้จริง

จากปัญหา และความสำคัญดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในรูปแบบการสอนรายวิชาฟิสิกส์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยาโดยให้นักเรียนใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์มาสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่จะช่วยในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาสาระ โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความตื่นเต้นท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคม มีการร่วมกันคิด และลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนมีความสุขกับการเรียน เข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน อันจะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม สามารถดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีคุณภาพ และนำผลการวิจัยที่ได้ปรับไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

GRAD VRU

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

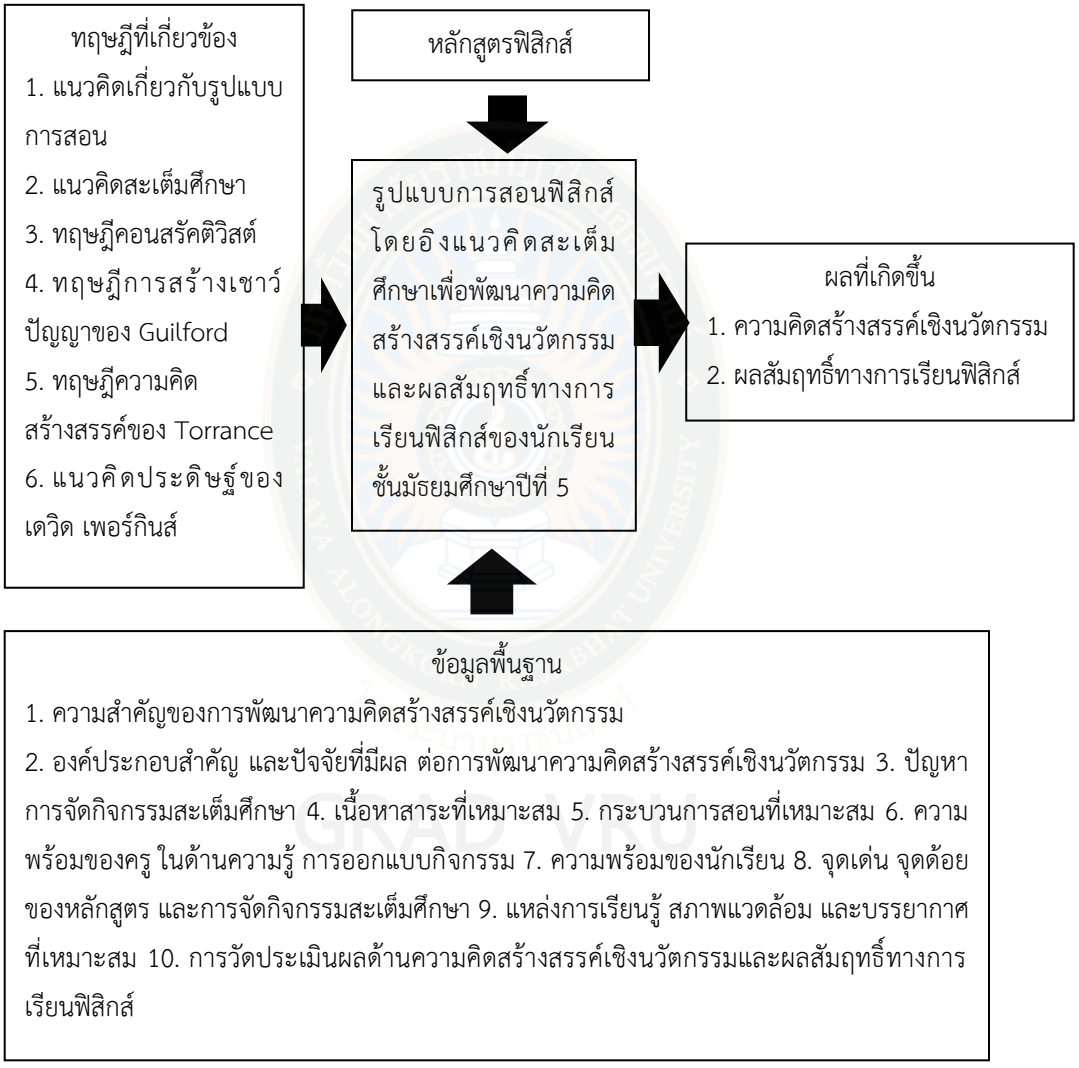
1.2.1 เพื่อศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของฟิสิกส์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปแนวคิดสำคัญได้เป็นภาพที่ 1.1 ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1.4.1 รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

1.4.2 ผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกิดประสิทธิผลดังนี้

1) นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 65%

2) นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมสูงขึ้น

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 ศึกษา และสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดของสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 3 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมก่อนเรียน และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้จาการใช้รูปแบบระหว่างกลุ่มที่ใช้รูปแบบและเรียนปกติ

โดยแต่ละระยะมีขอบเขตการวิจัย ดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 ขอบเขตประชากร และแหล่งข้อมูล

1) ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ด้านสะเต็มศึกษา

2) ด้านสะเต็มศึกษา

3) ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

GRAD VRU

1.2 ขอบเขตเนื้อหา

1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

2) แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

3) แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทักษะความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

1.3 ขอบเขตตัวแปร

ความเหมาะสมของข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลด้านสะเต็มศึกษา ด้านการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ และด้านการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตการวิจัย

2.1 ขอบเขตประชากร และแหล่งข้อมูล

ผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ขอบเขตเนื้อหา

1) องค์ประกอบของการจัดการเรียนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ที่ผ่านกระบวนการยืนยันความเหมาะสมขององค์ประกอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ในระยะที่ 1

2) หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่5

3) แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัด และประเมินผลทักษะความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม, การวัด และการประเมินผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน

4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3 ขอบเขตตัวแปร

1) ความเหมาะสมของรูปแบบของการจัดการเรียนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

2) คุณภาพของรูปแบบของการจัดการเรียนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 3 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ

3.1 ขอบเขตประชากร และแหล่งข้อมูล

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสระบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยา อ.พระพุทธบาท ต.พระพุทธบาท จ.สระบุรี จำนวน 2 กลุ่ม โดยกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาด้วยรูปแบบการสอนตามรูปแบบการสอนของ สสวท. รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ (5E)

3.2 ขอบเขตเนื้อหา

รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.3 ขอบเขตตัวแปร

ตัวแปรต้น

การสอนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม

1. ความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้เวลาดำเนินการ 36 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง

3.5 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ รายวิชาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รวม 1.5 หน่วยกิต เรื่อง คลื่นกล

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้น การเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์โดยนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยนำกระบวนการทางเทคโนโลยี เชื่อมโยงความรู้ทุกศาสตร์มาบูรณาการร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหา และเชื่อมโยงประสบการณ์ สร้างเสริมทักษะชีวิต สร้างสรรค์ และพัฒนางานเพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันได้

1.6.2 รูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หมายถึงชุดขององค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย 1) หลักการของรูปแบบ 2) วัตถุประสงค์ 3) เนื้อหา สาระ 4) กระบวนการจัดการเรียนการสอน 5) กระบวนการสอน 6) หลักการตอบสนอง 7) ระบบสังคม 8) ระบบสนับสนุน 9) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มี 7 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญญา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา (Problem Identification)

เป็นขั้นนำเสนอกรณีศึกษา สถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันใกล้ตัว ทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหา เกิดความขัดแย้งทางปัญญา จนเกิดความคิดที่หลากหลาย เกิดความเข้าใจอธิบายเหตุการณ์ได้ โดยนักเรียนระบุวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ความต้องการในการออกแบบ ประเด็นปัญหาหลัก ปัญหารอง สาเหตุ วิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา และแยกแยะข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา โดยอ้างอิงหลักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี ด้วยความเป็นเหตุเป็นผลอย่างถูกต้องเหมาะสม

2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Adjust Knowledge)

เป็นการค้นหารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา โดยค้นหา รวบรวมข้อมูลเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาดังกล่าวจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ การอ้างอิงตามหลักวิชาการ จากสื่อเทคโนโลยี ใบความรู้ และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อเพื่อทบทวนความรู้เดิม เพิ่มความรู้พื้นฐานที่จำเป็น และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับข้อมูลหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ตามหลักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี

3) ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงาน (Planning and Solution Design)

เป็นขั้นการระดมพลังสมอง โดยการนำความรู้ที่ค้นพบ และความรู้เดิมมาออกแบบ วางแผนการทำงานการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีจำกัด เงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหา

4) ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (Implementation)

เป็นขั้นการนำแผนการทำงานมาปฏิบัติ สร้างนวัตกรรมตามแผนงานที่วางไว้ โดยสร้างแบบจำลองความคิด โมเดล ตารางการทำงาน มีการกำกับติดตามการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นนวัตกรรมขึ้น ซึ่งการดำเนินการด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยกำหนดลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน พัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นประเมินพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นขั้นการประเมินจากผลการแก้ปัญหา ทดสอบ เช็คจากการใช้งานได้จริงของนวัตกรรม ให้มีความเหมาะสม และประโยชน์จากผลงาน และปรับปรุงนวัตกรรมรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาจากการเสริมแต่งความคิดใหม่หลังประเมินแล้ว จนนวัตกรรมเป็นที่พอใจ มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา และเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น ใน เวลา และทรัพยากรที่จำกัด

6) ขั้นนำเสนอผลงาน (Presentation)

เป็นขั้นการนำเสนอแนวคิด ขั้นตอนในการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยนำผลงานจัดทำ STEM SHOW ให้ครู และเพื่อนนักเรียนมาชมแล้วตอบคำถาม เพื่อฝึกทักษะในการสื่อสาร

7) ขั้นสรุป และประยุกต์ (Knowledge)

เป็นขั้นสรุปบทเรียน ความรู้เก่า และความรู้ใหม่ที่ได้ โดยร่วมกันสร้างผังมโนทัศน์กันระหว่างครู และนักเรียน

1.6.3 ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยผ่านการกระตุ้น ทำให้เกิดความคิดที่แตกต่างไปจากเดิม มีลักษณะอเนกนัย หลายทิศทาง คิดกว้างไกล และนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยความคิดใหม่ ๆ สร้างสิ่งใหม่ แปลกไปจากเดิม ซึ่งมีประโยชน์ ต่อเศรษฐกิจ และสังคม โดยวัดได้จากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งครอบคลุมพฤติกรรม 5 ด้านดังนี้

1) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่เกิดขึ้นในครั้งแรก และแตกต่างไปจากความคิดเดิม โดยอาศัยจินตนาการ เป็นลักษณะความคิด ที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดเดิม ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ ขึ้นที่ไม่ซ้ำของเดิม

2) ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ลักษณะของความคิดที่แสดงออกมาในรูปแบบของปริมาณ ความคิดที่ไม่ซ้ำกัน ในเรื่องเดียวกัน คิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณ มากในเวลาอันจำกัด มี 4 ด้านคือ ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ ด้านการคิด ด้านการโยงสัมพันธ์ และด้านการแสดงออก

3) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถใน การคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทางดัดแปลง จากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ แบ่งเป็น

- ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที หมายถึง ความสามารถในการคิดได้อย่างอิสระ

- ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง หมายถึง ความสามารถที่คิดได้หลากหลาย และสามารถดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5) นวัตกรรม (Innovative) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และศาสตร์สาขาต่าง ๆ และแนวคิดใหม่ อย่างเป็นระบบ โดยใช้ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานในการพัฒนาให้เกิดชิ้นงาน บริการ และกระบวนการใหม่ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์

1.6.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลง โดยวัดได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งครอบคลุมพฤติกรรม 6 ด้านดังนี้

1) ความจำ (Remember) หมายถึง ความสามารถของสมองในการจำ หรือเก็บข้อมูลใด ๆ ระยะเวลาหนึ่ง และความสามารถในการเรียกข้อมูลออกมาใช้

2) ความเข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถของสมองในการสร้างความหมาย ความรู้ ขยายความ และแปลความรู้ด้วยตนเอง

3) ประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีการไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4) วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว ออกเป็นส่วนประกอบย่อย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบส่วนย่อย และหลักการ หรือทฤษฎีเพื่อให้เข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ

5) ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ตัดสินคุณค่าของความคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ เป็นการตัดสินว่าอะไรดีอย่างไรใช้หลักเกณฑ์เชื่อถือได้โดยอาศัยข้อเท็จจริงภายใน และภายนอก

6) สร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถของสติปัญญาในการสร้างสิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะเกิดประโยชน์ดังนี้

1.7.1 ได้รูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ และสามารถสร้างนวัตกรรมได้ดีขึ้น

1.7.2 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมสำหรับวิชาเรียนอื่น ๆ สาขาอื่นต่อไป

GRAD VRU

1.7.3 เป็นประโยชน์สำหรับผู้สอน และผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา และการเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม สามารถนำรูปแบบการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ทั้งในการเรียน และในชีวิตประจำวันได้

GRAD VRU

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ที่เป็นแนวคิด ทฤษฎี เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยตามลำดับหัวข้อดังนี้

2.1 รูปแบบการสอน

2.1.1 ความหมายของรูปแบบการสอน

2.1.2 การจัดกลุ่มรูปแบบการเรียนการสอน

2.1.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอน

2.1.4 การพัฒนารูปแบบการสอน

2.1.5 ทฤษฎี / หลักการ / แนวคิดของรูปแบบ

2.2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

2.2.1 จุดหมาย

2.2.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2.2.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 คำอธิบายรายวิชา

2.3.2 ผลการเรียนรู้

2.3.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

2.4 การสอนฟิสิกส์

2.4.1 ปรัชญาวิทยาศาสตร์

2.4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ ที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.4.3 กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.4.4 การสอนฟิสิกส์เพิ่มเติม

2.4.5 ปัญหาการสอนฟิสิกส์

2.4.6 การวัดและประเมินผล

2.5 แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.5.1 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

2.5.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

2.5.3 ลักษณะและแนวทางการสอนของสะเต็มศึกษา
2.5.4 การใช้สะเต็มศึกษาในต่างประเทศ
2.5.5 ประเทศไทยกับสะเต็มศึกษา
2.5.6 สิ่งที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2.5.7 การวัดและประเมินผล
2.5.8 แนวทางการสอนแบบสะเต็มศึกษา
2.6 ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
2.6.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21
2.6.2 ลักษะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
2.6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
2.6.4 การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.7.1 งานวิจัยในประเทศ
2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

2.1 รูปแบบการสอน

2.1.1 ความหมายของรูปแบบการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนต่าง ๆ พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงความหมายของรูปแบบการสอนในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

ทิศนา แขมณี (2554) ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน คือ สภาพ หรือลักษณะการจัดการเรียนการสอนซึ่งจัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อ โดยอาศัยวิธีสอน เทคนิคการสอนเข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนการสอนเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ

ฉลอง ทับศรี (2549) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน เป็นแบบแผน หรือโครงสร้างที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเรียนการสอนที่สัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ ที่สามารถปรับปรุง ปรับทิศทางของตนเองได้จากการตรวจสอบด้วยข้อมูลป้อนกลับ (Feedback)

อุทิศ บำรุงชีพ (2551) กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนเป็นโครงร่างหลัก เป็นแนวคิด ทฤษฎี และแนวปฏิบัติ ที่กำหนดขึ้นอย่างเป็นระบบที่บ่งบอก และสามารถอธิบายถึง

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบได้ โดยนำวิธีระบบ (System Appraoch) เข้ามาเป็นขั้นตอนในการออกแบบ สามารถประเมินผลได้ มีเป้าหมายต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

Gunter, Esters, Mary, Thomas & Schwab (1995) รูปแบบการเรียนการสอน คือ ต้นแบบ ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน โดยมีการเรียงตามลำดับขั้นตอนที่เสนอไว้ เพื่อทำให้เกิดผลตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งรูปแบบแต่ละรูปแบบจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่างที่แตกต่างกัน Anderson (1997) รูปแบบการเรียนการสอน คือ กระบวนการจัดการเรียนการสอน ที่ออกแบบขึ้นเพื่อทำให้เกิดผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

จอยซ์ และวีล (Joyce and Weil, 1996) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน คือ แบบแผนที่สามารถใช้ในการสอนทั้งในห้องเรียน และกลุ่มย่อย โดยมีเป้าหมายให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

สรุป รูปแบบการเรียนการสอน คือ แบบแผน หรือโครงสร้างในการจัดการเรียนการสอนตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเรียนการสอนที่สัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ เพื่อทำให้เกิดผลที่เรียนรู้ตามต้องการ

2.1.2 การจัดกลุ่มรูปแบบการเรียนการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนต่าง ๆ พบว่า มีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง กลุ่มของรูปแบบการสอน ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

Joyce and Weil (2009) ได้จัดกลุ่มรูปแบบการสอนไว้ 4 กลุ่มประกอบด้วย

1) รูปแบบที่เน้นการพัฒนาทักษะทางสังคม (Social Interaction Models) เป็นรูปแบบที่เน้นการพัฒนาบุคคลในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับบุคคลอื่น ๆ และบุคคล ต่อสังคม ยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้หลักการประนีประนอมในการแก้ปัญหา เน้นการมีส่วนร่วมกับผู้อื่น การสร้างสัมพันธไมตรีกับผู้อื่น โดยใช้หลักประชาธิปไตย ได้แก่ รูปแบบการสอนแบบสืบสอบของกลุ่ม รูปแบบการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาทางสังคม (Social Science Inquiry Models) รูปแบบการเรียนการสอนแบบให้ค้นคว้าเป็นกลุ่ม (Group Investigation Models)

2)รูปแบบที่เน้นการพัฒนาด้านการประมวลข้อมูลสารสนเทศ (Information-Processing Models) มุ่งเน้นที่สมรรถภาพในการคิด การค้นหา กระบวนการประมวลข้อมูลของผู้เรียน และวิธีการในการพัฒนากระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ให้รู้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหา มุ่งให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิด และสร้างมโนทัศน์ รูปแบบการเรียนการสอนกลุ่มนี้อาจเน้นให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ และทดสอบสมมุติฐาน มุ่งเน้นที่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ หรือ มุ่งส่งเสริมความสามารถทางสติปัญญาโดยทั่วไป ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนมโนทัศน์ รูปแบบการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3) รูปแบบที่เน้นพัฒนาบุคคล (Personal Models) มุ่งเน้นที่กระบวนการสร้างการพัฒนาตัวบุคคล ทัศนคติ ค่านิยมที่ดีงาม ทั้งทางด้านกายจิตใจ และอารมณ์ เพื่อให้บุคคลมีความเข้าใจในตนเองดีขึ้น รู้จักแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับสภาพการณ์รอบ ๆ ตัว มีความรับผิดชอบ ต่อการกระทำของตนเอง สามารถสร้างสรรค์เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้สูงขึ้น เช่น รูปแบบการเรียนการสอนโดยอ้อม รูปแบบการเรียนการสอนแบบไม่สั่งการ รูปแบบการสอนฝึกความตระหนักรู้

4) รูปแบบที่เน้นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน (Behavior Models) ใช้องค์ความรู้ด้านพฤติกรรมของผู้เรียน และทักษะในการปฏิบัติ โดยใช้หลักการของการให้สิ่งเร้า และการตอบสนอง เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่สังเกตได้ของผู้เรียนมากกว่าการพัฒนาโครงสร้างจิตวิทยา และพฤติกรรมที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น รูปแบบการเรียนการสอนแบบรอบรู้ รูปแบบการเรียนรู้โดยมีเงื่อนไข

ทิศนา แขมมณี (2548ก) ได้สรุปรูปแบบการเรียนการสอน มี 5 กลุ่มดังนี้

1) รูปแบบที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) มุ่งเน้นให้เกิดความรู้ความเข้าใจ เนื้อหาสาระ ที่อยู่ในรูปของข้อมูล ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด เช่น รูปแบบการเรียนการสอนมโนทัศน์

2) รูปแบบเน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึก เจตคติ ค่านิยม คุณธรรม และจริยธรรมที่พึงประสงค์ เช่น รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้บทบาทสมมติ

3) รูปแบบที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) มุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในด้านการปฏิบัติ การกระทำ หรือการแสดงออก เช่น รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของแฮโรว์

4) รูปแบบที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ (Process Skills) มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับวิธีดำเนินการต่าง ๆ ซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญา ทางสังคม การทำงานร่วมกัน เช่น รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการสืบสอบ

5) รูปแบบที่เน้นการบูรณาการ (Integration) เน้นการพัฒนาการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนไปพร้อมกันโดยใช้การบูรณาการทั้งด้านเนื้อหา และวิธีการ เช่น รูปแบบการเรียนการสอนทางตรง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ซึ่งเป็นรูปแบบในกลุ่มที่เน้นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนของ Joyce and Weil (2009) และรูปแบบที่เน้นการบูรณาการของ ทิศนา แขมมณี เนื่องจากวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ผู้เรียนต้องสร้างองค์ความรู้จากการบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านเนื้อหา วิธีการทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม โดยครูผู้สอนต้องใช้หลักการใช้สิ่งเร้า และการตอบสนองเพื่อให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

GRAD VRU

2.1.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนต่าง ๆ พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

Joyce and Weil (1996) ได้เสนอองค์ประกอบของรูปแบบการสอน (Model of teaching) ประกอบด้วย

1) ความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นที่มาของรูปแบบการสอน ได้แก่ ทฤษฎี และหลักการที่ใช้รองรับรูปแบบการสอน แนวคิดพื้นฐานที่สำคัญ และเป้าหมายของรูปแบบการสอน

2) โครงสร้างของรูปแบบการสอน (Syntax) เกี่ยวกับจำนวนขั้นตอน รายละเอียดของขั้นตอน และลำดับขั้นตอนของกิจกรรมที่ใช้สอน

3) ระบบทางสังคม (Social System) เป็นลักษณ์ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอน และผู้เรียน ได้แก่ บทบาทผู้สอน และบทบาทผู้เรียน

4) หลักการตอบสนอง (Principles of reaction) เกี่ยวกับการแสดงออกของผู้สอนและผู้เรียน รวมทั้งการสอบสนองในสิ่งที่ผู้เรียนได้กระทำ

5) ระบบสนับสนุน (Support System) เกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นในการใช้รูปแบบแต่ละรูปแบบ หรือเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการใช้รูปแบบการสอน

6) การนำรูปแบบการสอนไปใช้ (Application) เป็นคำแนะนำ และข้อสังเกตต่าง ๆ ที่จะช่วยให้การสอนตามรูปแบบมีประสิทธิภาพ เช่น ประเภทของเนื้อหาวิชาที่เหมาะสมกับการสอนระดับชั้น และอายุผู้เรียน สถานที่ หรือสภาพแวดล้อมที่จัดให้เอื้อ ต่อการใช้รูปแบบการสอน

7) ผลทางตรง และทางอ้อม (Instructional and effects) เป็นผลที่เกิดขึ้นภายหลังการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนเลือกรูปแบบไปใช้ได้อย่างเหมาะสม และตรงกับเป้าหมายที่ต้องการมากขึ้น

Arend (1997 อ้างอิงใน ปณิตา วรรณพิรุณ, 2551) กล่าวว่า องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน มีดังนี้

1) หลักการตามทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐาน

2) ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

3) วิธีการสอนที่ทำให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์

4) สิ่งแวดล้อมในการสอนที่จะนำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

ทิศนา แขมมณี (2548ข) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนจำเป็นต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ๆ ดังนี้

1) ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด ความเชื่อที่เป็นพื้นฐาน หรือเป็นหลักของรูปแบบการสอนนั้น ๆ

2) ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3) การจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบ หรือกระบวนการนั้น ๆ

4) วิธีสอน และเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอน นั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

รูปแบบการเรียนการสอนจะต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ สามารถทำนายผลที่จะเกิดตามมาได้ และมีศักยภาพในการสร้างความคิดรวบยอด และความสัมพันธ์ใหม่ ๆ ได้

จากองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่เป็นแนวคิดของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนโดยทั่วไป ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยจึงได้สร้างตารางวิเคราะห์องค์ประกอบ แล้วจึงสังเคราะห์องค์ประกอบสำหรับรูปแบบการเรียนการสอนที่จะพัฒนาขึ้น ทำให้ได้องค์ประกอบ 8 องค์ประกอบที่สำคัญ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

แนวคิด			**องค์ประกอบของรูปแบบ**
Joyce and Weil	Arend	**ทิศนา แขมมณี**	
1. ความสัมพันธ์ของรูปแบบ	1. หลักการตามทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐาน	1. ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อ	1. หลักการของรูปแบบ
2. โครงสร้างของรูปแบบ		2. การจัดระบบ	2. วัตถุประสงค์ของรูปแบบ
3. ระบบสังคม		3. การบรรยาย อธิบาย สภาพ ลักษณะของการจัดการเรียนการสอน	3. ระบบสังคม
4. หลักการตอบสนอง			4. หลักการตอบสนอง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

แนวคิด			องค์ประกอบของรูปแบบ
Joyce and Weil	Arend	ทิศนา แขมมณี	
5. ระบบสนับสนุน	2. สิ่งแวดล้อมในการสอนที่จะนำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ	3. การบรรยาย อธิบาย สภาพ ลักษณะของการจัดการเรียนการสอน	5. ระบบสนับสนุน
6. การนำรูปแบบการสอนไปใช้			6. เนื้อหา
	3. วิธีการสอนที่ทำให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์	4. วิธีกาสอน และเทคนิคการสอน	7. กระบวนการสอน
7. ผลทางตรง และทางอ้อม	4. ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ		8. ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

2.1.4 การพัฒนารูปแบบการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนต่าง ๆ พบว่า มีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง การพัฒนารูปแบบการสอน ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

การพัฒนารูปแบบการสอน หมายถึง กระบวนการที่ช่วยในการหาวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพที่จะทำให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ได้มีนักวิชากาการเสนอขั้นตอนสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

2.1.4.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนของ จอยส์ และเวล (Joyce and Weli, 1996) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ มีขั้นตอนดังนี้

1) รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ เป็นต้น

2) เมื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลายต้องมีการวิจัย เพื่อทดสอบทฤษฎี และตรวจสอบคุณภาพในการใช้งาน ในสถานการณ์จริง และนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขอยู่เรื่อย ๆ

3) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอาจออกแบบให้ใช้ได้กว่างขวางเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

4) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแต่ละรูปแบบจะต้องมีจุดมุ่งหมายหลัก เป็นตัวตั้งซึ่งในการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ควรเลือกให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบนั้นจึงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ก็สามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสม แต่ความสำเร็จอาจน้อยลง

2.1.4.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนของ Johnson & Foa (1989) (อ้างในจรรยา ภูอุดม, 2544) ได้ข้อเสนอกระบวนการที่ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดความต้องการ

ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ

ขั้นที่ 3 การนำวิธีการไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 4 การประเมินผลลัพธ์

2.1.4.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนของ Dick & Carey (1996) (อ้างอิงในเกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556) ได้ข้อเสนอกระบวนการที่ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้รายละเอียดที่เกี่ยวข้อกับปัญหา สาเหตุของปัญหา วิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 2 การพัฒนา จำแนกเป็นการพัฒนาเนื้อหาความรู้ กระบวนการเรียนการสอน แบบทดสอบ สื่อ และวัสดุการสอน ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นที่ 3 การนำไปทดลองใช้ การนำไปทดลองใช้ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ 2 ประการ คือ การสอน และการบริหารการสอน

ขั้นที่ 4 การประเมินผล เพื่อนำไปปรับปรุงในแต่ขั้นตอนให้ดีขึ้น และตรงตามวัตถุประสงค์ ถ้าการประเมินผลพบว่าจุดใดควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

จากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำมาสรุปเป็นขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังตารางที่ 2.2

GRAD VRU

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

แนวคิด			**ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการสอน**
Joyce and Weil	Johnson & Foa	Dick & Carey	
1. ทฤษฎี แนวคิด		1. ข้อมูลพื้นฐาน แนวคิดและทฤษฎี	1. ข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด และทฤษฎี
2. จุดมุ่งหมาย เป้าหมาย	1. การกำหนดความต้องการ		2. จุดมุ่งหมาย เป้าหมาย ความต้องการ
	2. วิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ		3. แนวทางในการนำรูปแบบมาใช้
3. ตรวจสอบคุณภาพ			4. ตรวจสอบคุณภาพ
	3. ทดลองใช้	2. การนำไปทดลองใช้	5. ทดลองใช้
	4. ประเมินผลลัพธ์	3. การประเมินผล และปรับปรุง	6. ประเมินผล และปรับปรุง

GRAD VRU

2.1.5 ทฤษฎี / หลักการ / แนวคิดของรูปแบบ

ในการจัดการเรียนการสอนมีนักวิชาการได้ศึกษารูปแบบการเรียนการสอนที่แตกต่างกันตามแนวคิด ทฤษฎีของแต่ละบุคคล ดังนี้

2.1.5.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

การศึกษาทฤษฎีในการจัดการเรียนรู้ของคนในยุคปัจจุบันนี้เพื่อดูรากฐานสำคัญในการสร้างความรู้ให้กับผู้เรียนตรงกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้ จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) เรียกว่า สกีมา (Schema) โครงสร้างทางปัญญานี้จะประกอบด้วยความหมาย หรือความ

เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่แต่ละบุคคลมีประสบการณ์ หรือเหตุการณ์ อาจเป็นความเข้าใจ หรือคำอธิบายเกี่ยวกับความรู้ของแต่ละบุคคล วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541)

กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้ ดังนั้นเป้าหมายของการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ ดังนั้น กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล และสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความจริง (Duffy & Cunninghanm, 1996) เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีหลักการการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้ ซึ่งปรากฏแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ หรือการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญซึ่งปรากฏจากรายงานของนักจิตวิทยา และนักการศึกษา คือ Jean Piaget ชาวสวิส และ Lev Vygostsky ชาวรัสเซีย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Cognitive Constructivism และ Social Constructivism ดังนี้

1) แนวคิด Cognitive Constructivism

Cognitive Constructivism มีรากฐานทางปรัชญาของทฤษฎี มาจากความพยายามที่จะเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ด้วยกระบวนการที่พิสูจน์อย่างมีเหตุผล เป็นความรู้ที่เกิดจากการไตร่ตรอง ซึ่งถือเป็นปรัชญาปฏิบัตินิยม ประกอบด้วยรากฐานทางจิตวิทยาการเรียนรู้ที่มีอิทธิพล ต่อพื้นฐานแนวคิดนี้ นักจิตวิทยาพัฒนาการชาวสวิส คือ จีน เพียเจต์ (Jean Piaget) ทฤษฎีของ Piaget จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ Ages และ Stages ซึ่งทั้งสององค์ประกอบนั้นเชื่อว่าเด็กสามารถ หรือไม่สามารถเข้าใจสิ่งหนึ่งสิ่งใดเมื่อมีอายุแตกต่างกัน และทฤษฎีเกี่ยวกับด้านพัฒนาการที่จะอธิบายว่าผู้เรียนจะพัฒนาความสามารถทางการรู้คิด (Cognitive Abilities) ทฤษฎีพัฒนาการที่จะเน้นจุดดังกล่าว เพราะว่าเป็นพื้นฐานหลักสำหรับวิธีการทาง Cognitive Constructivism ทางด้านการจัดการเรียนรู้นั้นมีแนวคิดว่า มนุษย์เราต้องสร้าง (Construct) ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านทางประสบการณ์ ซึ่งประสบการณ์เหล่านี้จะกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างโครงสร้างทางปัญญา หรือ เรียกว่าสกีมา (Schemas) รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในสมอง สกีมาเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Change) ขยาย และซับซ้อนขึ้นได้โดยผ่านทางกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และการปรับเปลี่ยน (Accommondation)

สิ่งสำคัญที่สามารถสรุปอ้างอิงของทฤษฎีเพียเจต์ คือบทบาทของครูผู้สอนในห้องเรียนตามแนวคิดของเพียเจต์ บทบาทที่สำคัญ คือ การจัดเตรียมสิ่งแวดล้อมที่ให้ผู้เรียนได้สำรวจค้นหาตามธรรมชาติห้องเรียนควรเติมสิ่งที่น่าสนใจที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างตื่นตัว โดยการขยายสกีมาผ่านทางประสบการณ์ด้วยวิธีการดูดซึม

(Assimilation) และการปรับเปลี่ยน ซึ่งเชื่อ การเรียนรู้เกิดจากการปรับเข้าสู่สภาวะสมดุล ระหว่างอินทรีย์ และสิ่งแวดล้อม โดยมีกระบวนการดังนี้

- การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา เป็นการตีความ หรือรับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมมาปรับเข้ากับโครงสร้างทางปัญญา

- การปรับโครงสร้างทางปัญญา เป็นความสามารถในการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสิ่งแวดล้อม โดยการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิม และสิ่งที่ต้องเรียนใหม่

2) แนวคิด Social Constructivism

นักจิตวิทยาของกลุ่มพุทธิปัญญานิยมว่า คือ Lev Vygotsky ซึ่งเชื่อว่าวัฒนธรรมจะเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการพัฒนา รูปแบบ และคุณภาพของเครื่องมือดังกล่าว ได้มีการกำหนดรูปแบบ และอัตราการพัฒนามากกว่าที่กำหนดไว้ในทฤษฎีของเพียเจต์ โดยเชื่อว่า ผู้ใหญ่ หรือ ผู้ที่มีความอาวุโส เช่น พ่อแม่ และครู จะเป็นเครื่องมือทางวัฒนธรรมรวมถึงภาษา เครื่องมือทางวัฒนธรรมเหล่านี้ ได้แก่ ประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม บริบททางสังคม และภาษาทุกวันนี้ รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ตามแนวคิดของ Vygotsky เชื่อว่าเด็กจะพัฒนาในกลุ่มของสังคมที่จัดขึ้น การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมควรจะเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างกันมากกว่าที่จะแยกผู้เรียนจากคนอื่น ๆ ครูตามแนวทาง Constructivism ควรจะสร้างบริบทสำหรับการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถได้รับการส่งเสริมในกิจกรรมที่น่าสนใจซึ่งกระตุ้น และเอื้ออำนวย ต่อการเรียนรู้ ครูผู้สอนทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียน โดยให้คำแนะนำเมื่อผู้เรียนประสบปัญหา กระตุ้นให้ปฏิบัติงานในกลุ่ม ในการคิดพิจารณาประเด็นคำถาม และสนับสนุนด้วยการกระตุ้น แนะนำ ให้สู้ ต่อปัญหา และเกิดความท้าทาย ซึ่งเป็นรากฐานของสถานการณ์ในชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และได้รับความพึงพอใจในผลของงานที่ได้ลงมือกระทำ ครูจะคอยช่วยเอื้อให้ผู้เรียนเกิดความเจริญทางด้านสติปัญญา (Cognitive Growth) และการเรียนรู้

กิจกรรม และรูปแบบที่นำมาใช้ในชั้นเรียน มี 3 ประการ

1) เรียนรู้ และการพัฒนาในด้านสังคม ได้แก่ การร่วมมือกันในด้านการเรียนรู้ (Collaborative learning)

2) Zone of proximal development ควรจะสนองต่อแนวทางการจัดหลักสูตร และการวางแผนบทเรียน จากพื้นฐานว่าผู้เรียนที่อยู่ใน Zone of proximal development จะสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องได้รับการช่วยเหลือ แต่สำหรับผู้เรียนที่อยู่ตำแหน่ง Zone of proximal development จะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ และต้องได้รับการช่วยเหลือ ที่เรียกว่า ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding)

3) การเรียนรู้ในโรงเรียนควรเกิดขึ้นในบริบทที่มีความหมาย และไม่ควรแยกจากการเรียนรู้ และความรู้ที่ผู้เรียนพัฒนามาจากสภาพชีวิตจริง (Real World) หรือการเรียนตามสภาพจริง (Authentic learning) ประสบการณ์นอกโรงเรียน ควรจะมีการเชื่อมโยงนำมาสู่ประสบการณ์ในโรงเรียนของผู้เรียน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่ได้จากการสังเคราะห์ กล่าวถึงผู้เรียนมีบทบาท ต่อการสร้างความรู้ ลงมือกระทำการเรียนรู้ โดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำทาง ให้คำแนะนำ และรูปแบบเกี่ยวกับภารกิจการเรียนรู้ มีดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

เป็นขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยผู้สอนต้องกระตุ้นเร้าความสนใจให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องที่เรียน สำรวจค้นหาความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนโดยใช้คำถาม และแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเพื่อค้นหาความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนที่เกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น ๆ โดยการอธิบาย และร่วมกิจกรรม

2) ขั้นสอน

เป็นขั้นเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหา และชีวิตประจำวันของผู้เรียนเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน ผู้เรียนต้องเผชิญสถานการณ์ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาจนเข้าใจ โดยมีผู้สอนจะต้องพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดออกมาเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน ผู้เรียนระดมสมองเพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ต่อเพื่อนกลุ่มอื่น ตอบข้อซักถาม และชี้แจงเหตุผล ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมในการแก้ปัญหา ประเมินทางเลือกถึงข้อดี ข้อจำกัด ของแต่ละทางเลือก และสรุปแนวทางเลือกทั้งหมด เพื่อนำไปใช้

3) ขั้นสรุป

เป็นขั้นที่ผู้สอน และผู้เรียนร่วมกันอภิปรายข้อดี ข้อจำกัดของการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ผู้เรียนทั้งหมดให้การยอมรับ ครูผู้สอนต้องคอยตอบคำถามเมื่อนักเรียนสงสัย ประเมินความคิดของนักเรียนเพื่อการเปลี่ยนแปลง พัฒนา ใช้คำถามเพื่อสรุปบทเรียน และรวบรวมความคิดของผู้เรียน

4) ขั้นฝึกทักษะ และนำไปใช้

เป็นขั้นที่ผู้เรียนฝึกทักษะที่ผู้สอนสร้างขึ้นที่มีสถานการณ์ที่หลากหลาย หรือผู้เรียนสร้างสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม โดยผู้เรียนมีการระดมสมองหากระบวนการแก้ปัญหา ประเมินทางเลือกให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ซึ่งสามารถซักถาม และตอบข้อสงสัยกับผู้สอน อภิปรายกลุ่ม และลงข้อสรุป สรุปหลักการ และกระบวนการแก้ปัญหา โดยผู้สอนต้องช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิด ความคิดรวบยอดกระบวนการแก้ปัญหา และหลักการที่ถูกต้องให้

ชัดเจนยิ่งขึ้น ยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียนที่มี ต่อความคิดใหม่ สังเกตการณ์ปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคล และกลุ่มย่อย ได้แก่ตรวจแบบฝึกหัด สังเกตการร่วมกิจกรรม

5) ขั้นประเมินผล

เป็นขั้นประเมินผลจากการทำงาน จากการทำแบบฝึกหัดในบทเรียนหรือสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้เรียนต้องตรวจสอบการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นประเมินคำตอบซึ่งกัน และกันอย่างมีวิจารณญาณ ซักถามเพื่อหาสรุป และประเมินตนเอง โดยผู้สอนสนับสนุนให้ผู้เรียนเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา ช่วยเหลือ แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และแนะนำผู้เรียนสิ่งที่ผู้เรียนต้องการช่วยเหลือ

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับคอนสตรัคติวิสต์ทั้ง Cognitive Constructivism และ Social Constructivism ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปเป็นสาระสำคัญได้ดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2545)

1) ความรู้ของบุคคลคือ โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้นที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์ในการคลี่คลายปัญหา และสามารถนำไปใช้เป็นฐานในการแก้ปัญหา หรืออธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการที่ต่าง ๆ กัน โดยอาศัยประสบการณ์ และโครงสร้างปัญญาที่มีอยู่เดิม ความสนใจ และแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้น

3) ครูมีหน้าที่จัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเองภายใต้ข้อสมมติฐาน ต่อไปนี้

- สถานการณ์ที่เป็นปัญหา และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

- ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจภายในให้เกิดการไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น Dewey ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะการไตร่ตรอง (Reflection) เป็นการพิจารณาอย่างรอบคอบกิจกรรมการไตร่ตรองจะเริ่มต้นด้วยสถานการณ์ที่เป็นปัญหา น่าสงสัย เรียกว่า สถานการณ์ก่อนไตร่ตรอง และจะจบลงด้วยความแจ่มชัดที่สามารถอธิบายสถานการณ์ดังกล่าว สามารถแก้ปัญหาได้ ตลอดจนได้เรียนรู้ และพึงพอใจกับผลที่ได้รับ

- การไตร่ตรองบนฐานแห่งประสบการณ์ และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

จากแนวคิดข้างต้นมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ จึงมักเป็นไปในรูปแบบที่ให้นักเรียนสร้างความรู้จากการช่วยกันแก้ปัญหา (Collaborative Problem Solving) กระบวนการจัดการเรียนรู้ จะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นั่นคือประสบการณ์ และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ไม่สามารถจัดการแก้ปัญหาได้ลงตัวพอดีเหมือนปัญหาที่เคยแก้มาแล้วต้องมีการคิดค้นเพิ่มเติมที่เรียกว่า การปรับโครงสร้าง หรือ การสร้างโครงสร้างใหม่ ทางปัญญา (Cognitive Restructuring) โดยการจัดภารกิจ

ให้ผู้เรียนได้ถกเถียงปัญหา ซักค้านจนกระทั่งหาเหตุผล หรือหลักฐานในเชิงประจักษ์มาขจัดความขัดแย้งทางปัญญาภายในตนเอง และระหว่างบุคคลได้ (ไพจิตร สดวกการ, 2543)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เชื่อว่าครูผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่สามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาโดยการจัดสภาพการณ์ ที่ทำให้เกิดภาวะเสียสมดุล หรือก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้น ซึ่งก็คือสภาวะที่โครงสร้างทางปัญญาเดิมใช้ไม่ได้ ต้องมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องประสบการณ์มากขึ้น หรือเกิดโครงสร้างทางปัญญาใหม่นั่นเอง (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541)

เงื่อนไขการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เกิดขึ้นได้ดังนี้ (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541)

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการปฏิบัติ (Active Process) ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล

2) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูล หรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิม มาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง

3) ความรู้ และความเชื่อที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม และขนบธรรมเนียมประเพณี และประสบการณ์ของผู้เรียนจะถูกนำมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และจะมีผลโดยตรง ต่อสร้างความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ หรือการเรียนรู้ นั่นเอง

นอกจากนี้ Bednaret (1995 อ้างถึงใน อนุชา โสมาบุตร, 2556) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับ เงื่อนไขการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) อาจเกิดขึ้นได้ดัง ต่อไปนี้

1) การสร้างการเรียนรู้ (Learning Constructed) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเองจากประสบการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูล หรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิม มาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง

2) การเรียนรู้เป็นผลที่เกิดจากการแปลความหมายตามประสบการณ์ของแต่ละคน

3) การเรียนรู้เกิดจากการลงมือกระทำ (Active learning) การที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำจะช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างความหมายในสิ่งที่ตนเรียนรู้ ที่พัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานจากประสบการณ์ตนเอง

4) การเรียนรู้ที่เกิดจากการร่วมมือ (Collaborative Learning) ความหมายในการเรียนรู้เป็นการ ต่อรองจากแนวคิดที่หลากหลาย การพัฒนาแนวความคิดของตนเองได้มาจากการรวมแบ่งปันแนวคิดที่หลากหลายในกลุ่ม และในขณะเดียวกันก็ปรับเปลี่ยนการสร้างสิ่งที่แทนความรู้สมอง (Knowledge Representation) ที่สนองตอบ ต่อแนวคิดที่หลากหลายนั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าใน

ขณะที่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการอภิปราย เสนอความคิดเห็นที่หลากหลายของแต่ละคน ผู้เรียนจะมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้ของตนด้วย และสร้างความหมายของตนเองขึ้นมาใหม่

5) การเรียนรู้ที่เหมาะสม (Situated Learning) การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในสภาพจริง หรือต้องเหมาะสม หรือสะท้อนบริบทของสภาพจริง จะนำไปสู่การเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สรุป ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้ ดังนั้น เป้าหมายของการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอด หรือการบอกความรู้โดยจะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล และสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง (Duff & Cunningham, 1996) มีหลักการที่สำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้ ซึ่งปรากฏแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ หรือการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญของ Jean Piaget คือ Cognitive Constructivism ที่เชื่อว่าควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างตื่นตัวโดยการขยายสกีมาผ่านทางประสบการณ์ด้วยวิธีการดูดซึม (Assimilation) เข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา เป็นการตีความ หรือรับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมมาปรับเข้ากับโครงสร้างทางปัญญา และการปรับเปลี่ยน (Accommodation) โครงสร้างทางปัญญาเป็นความสามารถในการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม โดยการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิม และสิ่งที่ต้องเรียนใหม่ และ Social Constructivism ของ Vygotsky แนวคิดที่สำคัญ ได้แก่ Zone of proximal development ภาษา สังคม วัฒนธรรมช่วยการสร้างการเรียน ได้แก่ การร่วมมือกันเรียนรู้ (Collaborative Learning) ตลอดจนบริบทที่มีความหมาย และไม่ควรแยกบริบทจากการเรียนรู้ และความรู้ที่ผู้เรียนพัฒนาจากสภาพชีวิตจริง (Real World)

จากแนวคิดดังกล่าว การจัดเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้จากการช่วยกันแก้ปัญหา (Collaborative Problem Solving) จะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นั่นคือ ประสบการณ์ และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมไม่สามารถจัดการแก้ปัญหานั้นได้ลงตัวพอดีเหมือนปัญญาที่เคยแก้มาแล้ว ต้องมีการคิดค้นเพิ่มเติมที่เรียกว่า การปรับโครงสร้าง หรือ การสร้างโครงสร้างใหม่ ทางปัญญา (Cognitive Restrucuring) โดยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ เสาะแสวงหา สารสนเทศตามแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ถามปัญหาซักค้านจนกระทั่งหาเหตุผล หรือหลักฐานในเชิงประจักษ์มาขจัดความขัดแย้งทางปัญญาภายในตนเองและระหว่างบุคคลได้

การเรียนการสอนมีหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็เหมาะสมกับเป้าหมายการสอน ผู้เรียน สภาพแวดล้อม เพราะทั้งผู้เรียน และสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนต่างก็มีความแตกต่างกัน นักการศึกษาให้ความสำคัญ ต่อการเลือกใช้วิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนการสอนที่ดี การเตรียมการสอนจะต้องคำนึงถึงการออกแบบรูปแบบการสอนการสอนในแต่ละครั้งให้เหมาะสม

2.2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้ และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็น ต่อการศึกษา ต่อการประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2.2.1 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.2.1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.2.1.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.2.1.3 มีสุขภาพกาย และสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.2.1.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.2.1.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรม และภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์ และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์ และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2.2.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

2.2.2.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ ต่อการพัฒนาตนเอง และสังคม รวมทั้งการเจรจา ต่อรองเพื่อขจัด และลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับ หรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเอง และสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเอง และสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์ และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกัน แก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหา และความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเอง และผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเอง และสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.2.2.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ดังนี้

1) รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2) ซื่อสัตย์สุจริต

3) มีวินัย

4) ใฝ่เรียนรู้

5) อยู่อย่างพอเพียง

6) มุ่งมั่นในการทำงาน

7) รักความเป็นไทย

8) มีจิตสาธารณะ

2.2.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2552) วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวัน และการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีเครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิต และการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge – Based Social) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเอง และดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการ และความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบ ต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการ และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรง และการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้อง และมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสาร และพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อมมีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลก และภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผล ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์ และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพการปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตร และการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2.2.4 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1) เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์ และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

2) เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และปัจจัยที่มีผล ต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

3) เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญ และผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

4) เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุ ในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5) เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์ กับแรงยึดเหนี่ยว

6) เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบการนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์ และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

7) เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์ และสารชีวโมเลกุล

8) เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียง และการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์ และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

9) เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผล ต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

10) เข้าใจการเกิด และวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ และความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

GRAD VRU

11) เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผล ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

12) ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

13) วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหา ตอบคำถาม วิเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

14) สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

15) อธิบายความรู้ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงาน หรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16) แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

17) ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันการประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงาน ที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

18) แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

19) แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้

20) ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิง และเหตุผล ประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนา การใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ต่อสังคมสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาหลักการของคลื่นในเรื่อง องค์ประกอบ และการเคลื่อนที่ของคลื่น สมบัติของคลื่น ธรรมชาติของเสียง สมบัติของคลื่นเสียง การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นเสียง การสั่น

พ้องของเสียง บีตส์ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทก หู การได้ยิน ความเข้มของเสียง และมลพิษทางเสียงธรรมชาติของแสง แสงเชิงเรขาคณิต กระจกเงาโค้ง เลนส์บาง และหลักการของทัศนอุปกรณ์บางชนิดการรับรู้สีของนัยน์ตาคน แสงเชิงฟิสิกส์ และการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นแสง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ความคิดมีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำ ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

2.3.2 ผลการเรียนรู้

1) อธิบายการเคลื่อนที่แบบคลื่น และการเกิดคลื่นกล

2) อธิบายสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

3) อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง

4) อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

5) อธิบายเกี่ยวกับการได้ยิน ได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลพิษทางเสียง ต่อการได้ยิน

6) อธิบายความถี่ธรรมชาติ และการสั่นพ้องของวัตถุ

7) อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ

8) อธิบายการสะท้อนของแสง การหาตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ กระจกเงาโค้ง ทั้งโดยการเขียนภาพ และการคำนวณ

9) อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านรอย ต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด

10) อธิบายการหาตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง ทั้งโดยการเขียนภาพ และการคำนวณ

11) อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง ได้แก่ การกระจายแสง การสะท้อนกลับหมดของแสง รุ้ง การทรงกลด และมิราจ

12) อธิบายหลักการทำงานของทัศนอุปกรณ์บางชนิด ได้แก่ เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ และกล้องโทรทรรศน์

13) อธิบายความสว่าง และการมองเห็นสี

14) อธิบายการเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของแสงที่ผ่านช่องเล็กยาว (สลิต) และการใช้เกรตติง

15) อธิบายการกระเจิงของแสง

รวมทั้งหมด 15 ผลการเรียนรู้

2.3.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสาร และพลังงาน ผลของการใช้พลังงาน ต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อมมีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

โครงสร้างรายวิชา

โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32208 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องคลื่นกล ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1.5 หน่วยกิต 3 คาบ ต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที เทอมละ 60 คาบ มีเนื้อหาที่เลือกใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 คลื่นกล

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เสียง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แสง และทัศนอุปกรณ์

จากเนื้อหาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ที่เหมาะสม ต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้ดังตารางที่ 2.3 โดยมีเกณฑ์การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ที่เหมาะสม ต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1) เนื้อหาที่นักเรียนสามารถค้นคว้า ลงมือ ปฏิบัติติได้ด้วยตนเอง (A)
2) สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (B)
3) สามารถพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม (C)
4) สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสาร (D)
5) สามารถสร้างชิ้นงานได้ (E)

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ที่เหมาะสม ต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

บทที่	เนื้อหา	เกณฑ์การประเมิน					ความเหมาะสม
		A	B	C	D	E	
1	บทนำ		✓	✓			ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ปูพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์
2	การเคลื่อนที่แนวตรง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
3	แรงและกฎการเคลื่อนที่	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
4	การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
5	งานและพลังงาน	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
6	โมเมนตัมและการชน	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
7	การเคลื่อนที่แบบหมุน	✓	✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างเป็นรูปธรรม
8	สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
9	คลื่นกล	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
10	เสียง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
11	แสง และทัศนอุปกรณ์	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
12	แสงเชิงฟิสิกส์	✓	✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม
13	ไฟฟ้าสถิต	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
14	ไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
15	ไฟฟ้า และแม่เหล็ก	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
16	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า		✓	✓	✓		ไม่ความเหมาะสม เนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริง และไม่สามารถสร้างชิ้นงานรูปธรรมได้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

บทที่	เนื้อหา	เกณฑ์การประเมิน					เกณฑ์การประเมิน
		A	B	C	D	E	
17	ของไหล	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
18	ความร้อน และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
19	ฟิสิกส์อะตอม		✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริงและไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม
20	ฟิสิกส์นิวเคลียร์		✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริงและไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม

จากการวิเคราะห์เนื้อหาหลักสูตรฟิสิกส์ ฟิสิกส์เพิ่มเติม จะเห็นได้ว่าเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง แรง และกฎการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ งานและพลังงาน โมเมนตัม และการชน สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น คลื่นกล เสียง แสง และทัศนอุปกรณ์ ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้า และแม่เหล็ก ไฟฟ้า และแม่เหล็ก ของไหล ความร้อน และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

2.4 การสอนฟิสิกส์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการสอนวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง หลักการสอนวิทยาศาสตร์ และฟิสิกส์ ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

2.4.1 ปรัชญาวิทยาศาสตร์

ซาเมีย โอคาชา (2549) ให้ความหมายว่า วิทยาศาสตร์ คือ ความพยายามที่จะเข้าใจ อธิบาย และคาดการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับโลกที่เราอาศัย โดยหัวใจของวิทยาศาสตร์อยู่ที่การทดลอง การสังเกตอย่างระมัดระวัง

ธีระชัย ปูรณโชติ (2536) ให้ความหมายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ และกระบวนการที่แสวงหาความรู้ ลักษณะเฉพาะได้มาจากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนอกจากใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้วยังต้องอาศัยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการทำงานโดยส่วนตัว และการทำงานร่วมกันของกลุ่มคน การสร้างทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ มีลักษณะพื้นฐาน คือ การหักล้างได้เมื่อทฤษฎีนั้นไม่อาจพยากรณ์หรือทดสอบแล้วไม่ถูกต้อง นั่นหมายถึงวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต หากมีคำอธิบายที่ดีกว่าในปัจจุบัน ดังนั้นการอธิบายในวิทยาศาสตร์ จึงมีจุดหมายสำคัญ คือ การทดลอง และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น คาร์ล เฮมเพล (Carl Hemple, อ้างถึงใน ธีระชัย ปูรณโชติ, 2536) ได้เสนอว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยชุดหลักฐานการอ้าง และข้อสรุปที่มีความแน่นอน และมีความสัมพันธ์กันระหว่างข้ออ้าง และข้อสรุปเสมอ โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขสำคัญสามประการ คือ 1. การอ้างหลักฐานควรนำไปสู่ข้อสรุป 2. หลักฐานในการอ้างควรเป็นความจริงทั้งหมด 3. การอ้างหลักฐานควรมีกฎอย่างน้อยหนึ่งกฎเสมอ

ดารณี วิไทยสงค์ (2558) ให้เหตุผลในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ต้องจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยยึดหลักการสอนสืบเสาะที่ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงจะสามารถพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาและเจตคติที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูจำเป็นต้องสอนให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในสังคมได้โดยอาศัย กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ หรือสอนให้นักเรียนเกิดความแตกฉานทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ การเรียนการสอนยึดหลักปรัชญาประจักษ์นิยมเชิงตรรกะ (Logical-empiricism) ซึ่งเน้นให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในสภาพแวดล้อม หรือจากการทำปฏิบัติการ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์จนได้ความรู้ใหม่เกิดขึ้นบางครั้งเรียกว่า ประสบการณ์นิยม

จิราพร นิลพันธ์ (2559) ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนามนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์มีความสามารถในการใช้เหตุผลตัดสินใจ มีความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา ทำให้เกิดประโยชน์ ต่อการดำรงชีวิต และการแก้ปัญหาของสังคมได้อย่างเหมาะสม ทุกประเทศจึงให้ความสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ใช้ปรัชญา วิทยาศาสตร์ในเนื้อหา ความรู้ และประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ครูยกระดับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปยึดปรัชญากลุ่ม Logical-empiricism ใช้วิธีการสืบเสาะโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเน้นการให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงกับสิ่งแวดล้อม หรือจากการทำปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จนได้ความรู้ใหม่เกิดขึ้น (Hodson, 1988 อ้างถึงใน จิราพร นิลพันธ์, 2559) โดยมีจุดมุ่งหมายให้เด็กได้ลงมือปฏิบัติทำให้เกิดความสนุก เด็กรับรู้ว่าวิทยาศาสตร์มี

ความสำคัญอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร ซึ่งช่วยกระตุ้นให้เด็กอยากเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

การเรียนรู้เป็นการพัฒนาความคิด และความสามารถโดยอาศัยประสบการณ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน และสิ่งแวดล้อมทำให้บุคคลดำเนินชีวิตได้อย่างมีความสุขในสังคม การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนจึงไม่เป็นเรื่องง่าย นักปรัชญา และนักจิตวิทยาการศึกษาหลายท่าน ได้พยายามคิดค้นทฤษฎี และกระบวนการเกี่ยวกับการเรียนรู้มานานแล้ว เช่น การเรียนรู้จากปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอร์น ดิวอี้ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก (Theory of cognitive development) ของเพียร์เจต์ การเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของ บรุนเนอร์ การเรียนรู้อย่างมีความหมายของ ออซูเบล เป็นต้น

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งเชื่อกันว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากก็น้อย ก่อนที่ครูจะจัดการเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนรู้เอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญ ต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (Learning process) ที่แท้จริงของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่าง ๆ ที่มีผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้ อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้ เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้น การที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process)

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ (กรมวิชาการ, 2546 อ้างถึงใน จาตุรนต์ ชุติธรพงษ์, 2553)

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงนั้น หรือเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่น่าศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ อาจศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาโดยไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถามที่ครูสนใจ

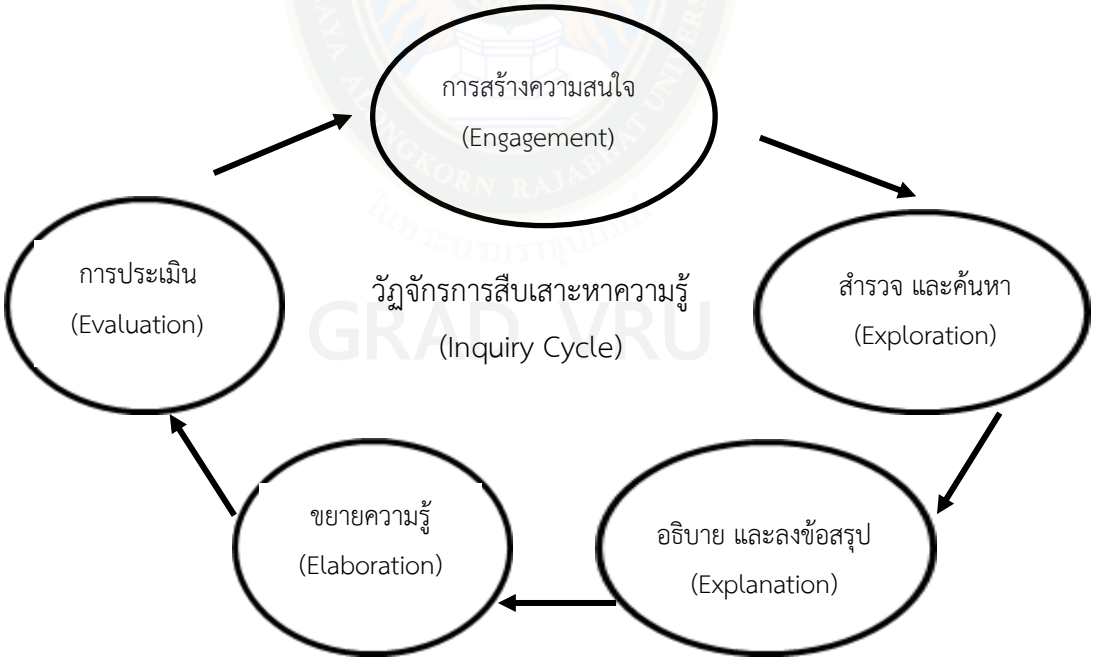
เมื่อมีคำถาม และนักเรียนยอมรับให้เป็นประเด็นศึกษา จึงควรกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจน โดยรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม ความรู้จากแหล่งต่าง ๆ และแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2) ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) การวางแผน แนวทาง สำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐานทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือเก็บรวบรวมข้อมูล โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม ใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ หาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ

3) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และสร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบอาจเป็นได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน โต้แย้งสมมติฐาน

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นเชื่อมโยงความรู้เดิม นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินขั้นเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ



ภาพที่ 2.1 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (กรมวิชาการ, 2545)

จากเอกสารงานวิจัยพบว่า วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้โดยผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การทดลอง การสังเกต อาศัยเหตุผลเชิงตรรกยะ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ การ

ทดลองทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จนได้ความรู้ใหม่ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลัก หลักการ ทฤษฎี ตลอดจลการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ ต่อไป

2.4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ ที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การจัดการศึกษาในปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge Society) ซึ่งต้องพึ่งพาความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนา คน องค์กร เศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการบริการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ

ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนการสอนวิยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่เหมาะสมและมีคุณภาพ จึงเป็นกลไกสำคัญในการนำพาประเทศไปอยู่ในกลุ่มประเทศก้าวหน้า

ปัจจุบันวิทยาการสาขาต่าง ๆ มีความก้าวหน้ามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว นับวันความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะยิ่งทวีมากขึ้นจนเรียกว่าเป็นสังคมข้อมูลข่าวสาร (Information Society) หรือสังคมวิทยาศาสตร์ (Science Society) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงต้องให้ความสำคัญทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต โดยการสำรวจตรวจสอบใน 3 เรื่อง คือ

1) สภาพความเป็นจริงของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2) ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3) แนวโน้มการจัดการเรียนการสอนที่อาศัยการสร้างกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

กรมวิชาการ (2545) การพัฒนาการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาในส่วนของเนื้อหา และหลักการด้านวิทยาศาสตร์โดยตรง ประกอบกับหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ ปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับแล้วว่า พัฒนาการทางสมองของมนุษย์ในวัยต่าง ๆ เป็นหัวใจสำคัญที่ส่งผลโดยตรง ต่อการเรียนรู้ จึงนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Jean Piaget

2) ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของ John Dewey

3) ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning ของ Bruner)

4) ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล (David p. Ausubel)

5) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

สรุป วิทยาศาสตร์ คือความพยายามที่จะเข้าใจ อธิบาย คาดการณ์ปรากฏการณ์ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้ออ้าง และสรุป จนเกิดเป็นทฤษฎี โดยอาศัยการทดลอง การสังเกต การสืบเสาะความรู้โดยอาศัยเหตุผล จากข้อมูลเชิงประจักษ์ ร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และการทำงานร่วมกัน ซึ่งครูผู้สอนต้องมีกระบวนการจัดการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ยึดกระบวนการสืบเสาะ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทางสติปัญญา และเจคติ

2.4.3 กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ พัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามศักยภาพในมาตรา 23 (2) เน้นการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัยให้ความสำคัญของการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา ในส่วนของการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์นั้น ต้องให้เกิดทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติด้านวิทยาศาสตร์รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล ยั่งยืน

ในส่วนของการจัดการะบวนการเรียนรู้ มาตรา 24 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ได้ระบุให้สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินจัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ จัดเนื้อหาสาระ และกิจกรรมได้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญกับสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกัน และแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงฝึกการปฏิบัติให้ทำได้คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง โดยผสมผสานสาระความรู้ต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงาน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ นี้ ผู้สอน และผู้เรียนอาจเรียนไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอน และแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

การจัดการเรียนรู้ ตามแนวดังกล่าวจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การสอนของผู้สอน และการเรียนรู้ของผู้เรียน กล่าวคือ ลดบทบาทของครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่า และบรรยายเป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการที่สำคัญ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยผ่านกิจกรรมการสังเกต

การวางแผนเพื่อการทดลอง การสำรวจ ตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลโดยตรงด้วยวิธีการที่หลากหลายทั้งเชิงปริมาณ และคุณภาพ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิราย และการสื่อสารความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจกิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นบทบาทของผู้เรียนตั้งแต่เริ่มต้น คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัด และประเมินผล แต้องคำนึงว่ากิจกรรมนั้น เน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ ในที่สุดเป็นการสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนรู้ต้องพัฒนาผู้เรียนให้เจริญเติบโตทั้งร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา

2.4.4 การสอนฟิสิกส์เพิ่มเติม

มนชัย สิทธิจันทร์ (2547) กล่าวว่า ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ศึกษาธรรมชาติของสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้โดยการสังเกต การทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการ กฎ ซึ่งความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต และสามารถนำความรู้นี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น การทำความเข้าใจธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ ควรเริ่มต้นจากการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งด้านความรู้ และกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) เนื้อหาสาระของวิชาฟิสิกส์ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของสสาร คุณสมบัติและความสัมพันธ์ระหว่างสสาร และพลังงาน 2) จุดเน้นของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการปฏิบัติทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นในการตอบคำถามในเนื้อหาสาระของวิชาฟิสิกส์

วิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546ก)

1) ใช้คำถามและการอภิปราย (Questioning and Discussion)

2) การสำรวจตรวจสอบและการแก้ปัญหา (Investigation and Problem Solving)

3) การสาธิตและการทดลอง (Demonstration and Laboratory Work)

4) การเรียนรู้ด้วยภาพ (Figuring Physics)

5) การเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยของเล่น (Teaching Toy)

6) รูปแบบการสอนด้วยกระบวนการ 5E (The 5E Instructional Model)

คู่มือครู รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ว่าการจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิดเป็นเหตุ เป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการ

ค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องอาศัยกระบวนการสืบเสาะความรู้ จึงจะสามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2.4.4.1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ดังนี้

1) แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)

เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2546ข) และ จรินยา นาหัวนิน (2553) ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดี ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร และประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นทางสังคม และประเด็นเกี่ยวกับบุคคลได้ ในปี ค.ศ. 1960 – 1969 โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) เป็นผู้คิดค้นรูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้ (The learning cycle model) ซึ่งได้จัดรูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การสำรวจค้นหา (Exploration) การสร้างองค์ความรู้ (Concept invention) และการขยายความรู้ (Conceptextension) และต่อมามีนักการศึกษาหลายท่านได้นำแนวคิดนี้ไปจัดรูปแบบของการเรียนรู้ออกเป็นอีกหลายรูปแบบ โดยรูปแบบที่นิยม และใช้กันแพร่หลายได้แก่รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle model) การดำเนินการสอน ต้องใช้วิธีหลากหลายผสมผสานกัน วิธีการสอนที่แนะนำไว้ ได้แก่ การใช้คำถาม การทดลอง กิจกรรม การสาธิต และการอภิปราย

เป็นวิธีการจัดการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางความคิด ค้นพบความรู้ หรือแนวทางวิทยาศาสตร์ ค้นพบความรู้ หรือแนวทางแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ส่วนครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียน จากการอภิปรายภายในกลุ่ม เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม

- ขั้นสำรวจ และค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือก ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

- ขั้นอธิบาย ลงข้อสรุป เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

- ขั้นขยายความรู้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลอง ข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

- ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

2) แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต ซึ่งมีขั้นตอน 6 ขั้น ดังนี้

- ขั้นระบุปัญญา (Problem Identification)
- ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิด (Related Information Search)
- ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)
- ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)
- ขั้นการทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุง และวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)
- ขั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation)

วิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2546) ได้แก่ ใช้คำถาม การอภิปราย (Questioning and Discussion) การสำรวจตรวจสอบ และการแก้ปัญหา (Investigation and Problem Solving) การสาธิต และการทดลอง (Demonstration and Laboratory Work) การเรียนรู้ด้วยภาพ (Figuring Physics) การเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยของเล่น (Teaching Toy)

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่าการสอนฟิสิกส์เพิ่มเติม สามารถจัดการสอนได้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่มีการพัฒนาความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ ทักษะการค้นคว้า เพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดี ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจการได้มาของความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการจัดการสอนแบบ STEM Education สามารถตอบสนองกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่พัฒนาความคิดขั้นสูง ฝึกทักษะการ

ค้นคว้า กระบวนการทำงาน กระบวนการวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดเจตคติที่ดี ต่อการเรียนหลาย ๆ วิชา และสามารถนำความรู้ที่ได้บูรณาการการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

2.4.5 ปัญหาการสอนฟิสิกส์

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์มีผู้เชี่ยวชาญได้ศึกษาปัญหาการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นไว้ดังนี้

สังเวียน จรเกษ (2555) วิธีสอนมุ่งถ่ายทอดความรู้โดยการบรรยายเนื้อหาตามหนังสือแบบเรียนแล้ววัดผลความรู้นั้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เนื่องจากไม่สามารถจำความรู้ได้ทั้งหมด รวมทั้งยังขาดความคิด และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนี้การสอนที่ครูให้ความรู้เฉพาะส่วนที่เป็นข้อเท็จจริง แต่ไม่ได้ให้ความรู้ที่เป็นกระบวนการคิดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมาก ต่อการเรียนรู้และการดำรงชีวิต

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) วิธีการจัดการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีปรากฏการณ์ต่าง ๆ และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาแบบประยุกต์ได้

ภัสสร ติดมา (2558) เนื่องจากวิชาวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาค่อนข้างเยอะ ซับซ้อน และผู้สอนส่วนใหญ่ยังจัดการเรียนรู้ในลักษณะบรรยายเน้นเนื้อหาความจำ เรียนรู้ตามเนื้อหาที่ครูบอก อธิบายให้ฟัง หรือจากภาพในหนังสือเรียน ซึ่งไม่สามารถจินตนาการภาพ และทำความเข้าใจเนื้อหาได้ยากจึงใช้วิธีท่องจำ มากกว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกเบื่อไม่อยากเรียน และนักเรียนส่วนใหญ่เลือกท่องจำเนื้อหาเพื่อใช้การสอบเท่านั้นเมื่อเรียนจบนักเรียนจึงไม่สามารถจำเนื้อหาได้

ชัยพร มิตรพิทักษ์ (2559) ผู้สอนจำนวนมากยังใช้วิธีการสอนแบบยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย มุ่งเน้นการสอนเนื้อหา ส่งเสริมการท่องจำมากกว่ามุ่งให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ และเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนจำนวนมากคิดไม่เป็น ขาดความเข้าใจ ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ต่อการเรียน การเรียนจึงเป็นลักษณะเป็นทางผ่านไปสู่การสอบเข้ามหาวิทยาลัยเท่านั้น

กุลริสา นาคนวล (2560) ความรู้พื้นฐานเดิม เวลาที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติม สภาพแวดล้อมทางบ้าน เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กรวิทย์ เกื้อคลัง (2561) สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนส่วนใหญ่ยังสอนตามตำราที่เน้นการท่องจำ ผู้สอนไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนความคิด ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ การจัดการเรียนแบบบรรยายเพื่อสรุปใจความสำคัญให้นักเรียนโดยตรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และสามารถสอบเข้าในระดับอุดมศึกษาได้ แต่การจัดการเรียนดังกล่าวไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดนอกกรอบ และเล็งเห็นความสำคัญของการนำ

ความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน นักเรียนได้แค่ท่องจำความรู้แล้วนำไปสอบ ไม่สามารถแก้ปัญหาประยุกต์ได้ ทำให้เกิดปัญหาเรื่องของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่น้อย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และสรุปปัญหาการสอนฟิสิกส์จากนักวิชาการ พบว่า ปัจจัยที่มีผล ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียน เวลาที่ใช้ในการเรียน และสภาพแวดล้อมทางบ้าน ส่งผล ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำลง เนื่องจากนักเรียนคิดไม่เป็น ไม่เข้าใจมโนทัศน์ของวิชาฟิสิกส์ ทำให้แก้โจทย์ปัญหาแบบประยุกต์ เบื่อหน่าย และไม่เห็นความสำคัญทางการเรียน

2.4.6 การวัดและประเมินผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลต่าง ๆ พบว่า มีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงวิธีการวัดและประเมินผล ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

2.4.6.1 การวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์

1) แนวทางการวัดผล และประเมินผล ให้บรรลุเป้าหมายได้ มีแนวทางดังนี้

- วัดและประเมินผลทั้งความรู้ ความคิด ความสามารถทักษะกระบวนการเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน
- วิธีการวัดและประเมินผล สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
- ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลอย่างตรงไปตรงมาและต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่
- ผลการวัดและประเมินผลของการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล
- การวัดและประเมินผลต้องมีความเที่ยงตรง และเป็นธรรมทั้งในด้านวิธีการวัด โอกาสของการประเมิน

2) วิธีการวัดและประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผลที่สะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของผู้เรียนและครอบคลุมกระบวนการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน ที่กล่าวมา ต้องวัดและประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic assessment)

การวัดและประเมินผลจากสภาพจริง มีลักษณะสำคัญดังนี้

- ประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงานศักยภาพของผู้เรียนในด้านของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิต มากกว่าวัดความจำ

- ประเมินความสามารถของผู้เรียน เพื่อวินิจฉัยส่วนที่ควรส่งเสริม และส่วนที่แก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาเต็มศักยภาพ ตามความสามารถความสนใจ และความต้องการของแต่ละบุคคล

- เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมประเมินผลงานของตนเอง และเพื่อนร่วมห้อง เพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถพัฒนาตนเองได้

- ข้อมูลที่ได้จากการประเมินสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนรู้การสอน และการวางแผนของผู้สอนว่าสามารถตอบสนองความสามารถ ความสนใจ และความต้องการแต่ละบุคคล

- ประเมินความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่ชีวิตจริงได้

- ประเมินด้านต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลายในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่าง ต่อเนื่อง

การวัด และประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment)

- ลักษณะของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมสภาวการณ์ และความสนใจของผู้เรียน เช่น มอบหมายงานให้ทำ กำหนดชิ้นงาน อุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบ และกระบวนการทำงานกำหนดตัวอย่างชิ้นงานให้ แล้วให้ผู้เรียนศึกษางานนั้น และสร้างชิ้นงานที่มีลักษณะของการทำงานได้เหมือนเดิม ดีกว่าเดิม หรือสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน และประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนประเมินจากชิ้นงาน ประเมินจากแฟ้มงาน (Portfolio assessment)

สรุปได้ว่า การวัดผลประเมินผลทางด้านวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีแต่ละวิธีจะทำให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน ครูผู้สอนจะต้องเลือกวิธีการวัดผลประเมินผล ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับความรู้ความสามารถที่แท้จริง

2.4.6.2 การวัดผลและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนการสอน หรือการสืบเสาะแสวงหาความรู้ โดยสามารถวัด และประเมินผลออกมาได้ โดยใช้แบบวัดผลการเรียนด้านความรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงการประเมินด้านการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากกิจกรรมทั้ง 4 ด้านคือ

1) ด้านความรู้ - ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนมีความจำในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือ และการฟัง การบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าด้านความรู้ – ความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภท

- ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการทฤษฎีต่าง ๆ คือ เป็นการบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียน

- ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนมติ หลักการทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นสัญลักษณ์อื่น

3) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้แก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4) ด้านการนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนมติ กฎ หลักการ ตลอดจนวิธีการทางวิทยาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประการ คือ แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน เรื่องวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

ประทุม อัตชู (2547) กล่าวว่า การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ให้ครอบคลุมทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ

1) ด้านความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2) ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบ หรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม

3) ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการคิด และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดทางสมอง

2.5 แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่ามีประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

2.5.1 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

ดวงกลมล เพิ่มพูนทวีทรัพย์ (2557) กล่าวถึง จุดเริ่มต้นของ “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) เริ่มขึ้นจากประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความสำคัญ ต่อการส่งเสริม และพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยรัฐบาลให้การสนับสนุนกับหน่วยงานงานวิจัย และการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยเชื่อว่าปัจจัยหลัก คือ การพัฒนาบุคลากรในระยะยาว เพื่อช่วยส่งเสริม และเตรียมความพร้อม ต่อการแข่งขันของประเทศในอนาคต โดยเริ่มต้นจาก 1) การพัฒนาคุณภาพของการศึกษา และสุขภาพของเด็กปฐมวัย 2) การพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Science, Technology, Engineering, and Mathematics: STEM) 3) การสนับสนุนการพัฒนาระบบนวัตกรรมการเรียนรู้ (Innovative Learning System) ประธานาธิบดีโอบามากำหนดนโยบาย และจัดสรรงบประมาณ โดยผ่านโครงการ และกิจกรรม ต่าง ๆ เพื่อยกระดับคุณภาพของการศึกษา พัฒนาโครงสร้างการเรียนการสอนที่เหมาะสม การพัฒนาคุณภาพ อาจารย์ผู้สอน ประเทศสหรัฐฯ เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาการศึกษาด้าน STEM จึงเริ่มมีการปฏิรูปการศึกษาของนักเรียน นักศึกษา ปรับปรุงระบบการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้นด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งนักเรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์สามารถตอบสนอง ต่อการแข่งขันของแต่ละประเทศ ความต้องการของตลาดแรงงานโลก และเพื่อประโยชน์ในระยะยาวของประเทศ และเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประเทศ เพื่อเตรียมความพร้อม ต่อการแข่งขันในอนาคต เพราะฉะนั้นระบบการศึกษา เพื่อพัฒนาคุณภาพบุคลากรจึงสำคัญมาก โดยต้องเริ่มตั้งแต่การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของเด็กอ่อนไปจนถึงการพัฒนาคุณภาพแรงงานชั้นสูง

นโยบายการพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือที่รู้จัก กันในชื่อ STEM Education ได้ถูกริเริ่มขึ้นครั้งแรกในประเทศสหรัฐฯ ในปี 2007 โดยสืบเนื่องมาจากประเทศสหรัฐอเมริกามีปัญหาในเรื่องจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ลดลง ความวิตกกังวลที่ประเทศกำลังขาดแคลนกำลังคนที่มีศักยภาพในด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ดังนั้น นโยบาย STEM จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาคุณภาพกำลังคน โดยผ่านการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ เพื่อสร้างความเป็นเลิศของคนอเมริกันให้กลับมาเป็นผู้นำทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกครั้ง ให้พร้อม ต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21 และยังมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพผู้สอนด้าน

การศึกษาของประเทศไทยมีปัญหาเดียวกับประเทศสหรัฐอเมริกา สอดคล้องของบทความจากหนังสือพิมพ์ลานนาโพสต์ โดยวิเคราะห์ผลการสอบ O-NET ในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ ย้อนหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสอบตกในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ทุกวิชา โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ อยู่ในขั้นวิกฤติต่อเนื่องมาตลอด 4 ปี นั่นหมายความว่า มาตรฐานการศึกษาของไทยไม่มีการพัฒนา และสะท้อนถึงพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ถึงความล้มเหลวในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเช่นกัน

ซึ่งสอดคล้องกับ McDermott (1990), สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) กล่าวถึงวิธีการสอนรูปแบบการสอนตามตำราที่เน้นท่องจำ หรือบรรยาย ไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี ปรากฏการณ์ต่าง ๆ และนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ได้ วนิดา ฉัตรวิราคม (2556) กล่าวถึง กิจกรรมการเรียนการสอน ต้องมีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันจะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีความหมาย โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมด้วยการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ Osborne (2007) การพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล มีวิจารญาณ สร้างสรรค์ มีคุณธรรม จริยธรรม ในการดำรงชีวิต ประกอบอาชีพ ดูแลรักษาสภาพแวดล้อมอย่างธรรมชาติ

ซึ่งแสดงให้เห็นการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของประเทศไทยจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา และแก้ไข จากบทความของ (เวียงชัย แสงทอง, 2558) ผลการทดสอบระดับชาติ และนานาชาติของประเทศไทย แสดงถึงความถดถอยทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีปัญหา คือ ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ขาดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การเข้าศึกษา ต่อการประกอบอาชีพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จึงเกิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education โดยมุ่งหวังเพื่อเพิ่มทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมสร้าง และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน และส่งผล ต่อความสนใจในการเรียนด้านวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

พงษ์ศักดา นามประมา (2557) การจัดการศึกษาให้คนในชาติเป็นคนเก่ง คนดี และมีความสุขตามปฏิญญาว่าด้วยการจัดการศึกษาของ UNESCO โดยในศตวรรษที่ 21 ทุกประเทศได้มีการพัฒนา และใช้หลักสูตรการศึกษาที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนได้ Learn to know Learn to be Learn to do ซึ่งนักเรียนแห่งศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา การสื่อสาร การร่วมมือทำงาน (Trilling & Fadel, 2009)

จากการศึกษาเอกสารที่มา และความสำคัญของ STEM พบว่ามีจุดเริ่มต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบปัญหาขาดแคลนกำลังคนที่มีศักยภาพด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม และ

ต้องการรักษาความเป็นผู้นำด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม จึงมุ่งเน้นพัฒนาคุณภาพกำลังคนให้พร้อม ต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21 ผ่านระบบการศึกษาทั้งระบบภายใต้นโยบาย STEM Education โดยจัดตั้งหน่วยงานงานให้การสนับสนุนด้านการเรียน การสอนของครู ความสามารถของนักเรียน ให้นักเรียนสามารถแข่งขันกับต่างประเทศ ความต้องการของตลาดแรงงาน

2.5.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงความหมายของสะเต็มศึกษา ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) ให้ความหมายของ STEM Education คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถ เพื่อดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาทีมีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคงของประเทศ

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ให้ความหมายของ STEM Education คือ วิทยาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน โดยผ่านวิทยาการจัดการเรียนรู้ที่มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเน้นการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มีการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยการบูรณาการแบบ Transdisciplinary ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนแก้ปัญหา หรือทำโครงงานซึ่งต้องประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะจากศาสตร์ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง

สะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการ หรือคาดหวังที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหา

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการข้ามสาขาทั้งสี่ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีลักษณะการสอนที่ตั้งอยู่บนฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนโดยใช้โครงงาน แล้วใช้เทคโนโลยีเข้ามาเอื้ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการทางวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน 1. ขั้นระบุปัญหา 2. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล 3. ขั้นออกแบบชิ้นงาน หรือการแก้ปัญหา 4. ขั้นทดลอง 5. ขั้นประเมิน และปรับปรุงแก้ไข

นงนุช เอกตระกูล (2558) ให้ความหมายของ STEM Education คือ การใช้บริบทของกิจกรรมที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และมองเห็นสิ่งใกล้ตัว มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้ผู้เรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตจริงเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้รวมถึงฝึกการนำเสนอผลงาน ที่นักเรียนได้จัดทำช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงจุดมุ่งหมาย เหตุผล และกระบวนการในการเรียนรู้

ชาลี จันทร์เรือง (2558) กล่าวถึง สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่มุ่งแก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ ทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงขอสรุปความหมายของสะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้น การเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์โดยนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยนำกระบวนการทางเทคโนโลยี เชื่อมโยงความรู้ทุกศาสตร์มาบูรณาการร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหา และเชื่อมโยงประสบการณ์ สร้างเสริมทักษะชีวิต สร้างสรรค์ และพัฒนางานเพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันได้

2.5.3 ลักษณะและแนวทางการสอนของสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง ลักษณะของ สะเต็มศึกษา ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) กล่าวถึง สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีการเชื่อมโยงความเข้าใจเดิม กับเนื้อหาที่จะเรียน ดังนั้นก่อนการเริ่มทำกิจกรรม ควรมีการประเมินความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะสอนเสียก่อน โดยการทำการประเมินนี้ไม่มุ่งเน้นที่คะแนน หรือเกรด เป็นการประเมินแบบไม่เป็นทางการ มุ่งไปที่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่าการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment) การประเมินความรู้ความเข้าใจเดิมของผู้เรียนทำให้เข้าใจพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน เป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป และยังสามารถกระตุ้น สร้างความสนใจให้กับผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ในหัวข้อนั้น ๆ ได้ เพราะหากความรู้ความเข้าใจไม่เพียงพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ ผู้เรียนจะเกิดความไม่พอใจกับความเข้าใจเดิมที่ตนเองมี เรียกว่า การไม่ลงตัวทางความคิด (Cognitive Dissonance หรือ Cognitive Conflict) ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการอยากรู้ อยากเข้าใจแนวคิดใหม่ อันนำไปสู่ความพอใจทางความคิดของตนเองในเรื่อง ๆ นั้น

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) กล่าวว่า เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว

อลงกต ใหม่ด้วง (2557) กล่าวว่า วิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่มุ่งศึกษา และหาคำอภิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ รอบตัวทั้งด้านกายภาพ และชีวภาพ รวมถึงการนำความรู้เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในเรื่องต่าง ๆ

พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส และชาญชัย ลิมปิยาภร (2558) การสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่บูรณาการหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยใช้หลักสูตรมาตรฐาน และตัวชี้วัด ซึ่งเป็นการเรียนรู้เนื้อหา และทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ซึ่งวิชาดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และสอดคล้องกับความต้องการเปลี่ยนแปลงไป และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 บนฐานความรู้ทางเทคโนโลยี การเพิ่มความแข็งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิด และวางแผนโดยใช้กระบวนการอย่างเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุม 3 ด้านได้แก่

1) ด้านเจตคติ (Attitude) ผู้สอนจะต้องสร้างให้ผู้เรียนมีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน อยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้า

2) ด้านทักษะกระบวนการ (Process Skills) ฝึกให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกการสังเกต ฝึกตั้งคำถาม เพื่อนำมาสู่ปัญหา ฝึกตั้งสมมติฐาน ฝึกการวางแผน ออกแบบการทดลอง ฝึกทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอได้

3) ด้านความรู้ (Knowledge) ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้ในสิ่งที่ได้ศึกษา

หลักการสร้างกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิด

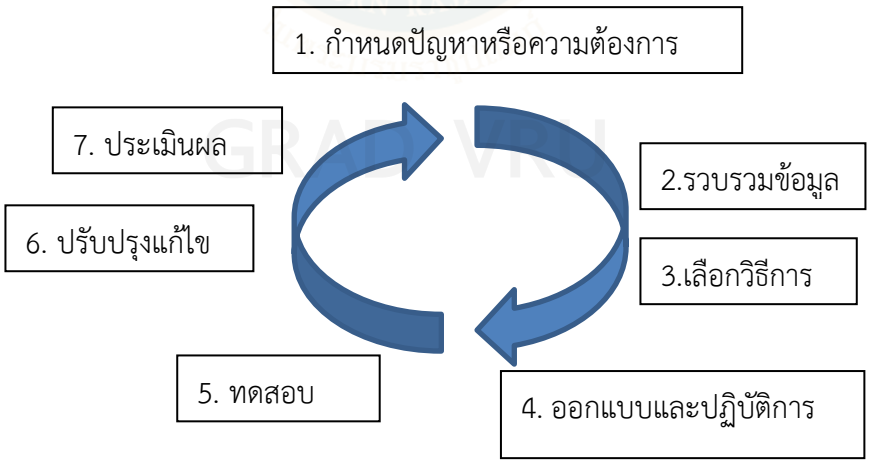
1) ผู้สอนกำหนดให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม หรืองานเดี่ยว

2) ผู้สอนใช้คำถามให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาเหตุผลว่า “ทำไม” “เพราะอะไร” โดยให้ผู้เรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เคยเรียนมาอธิบายด้วยเหตุผล รู้จักคิดค้นหาคำตอบ

3) ผู้สอนจะต้องคิดกิจกรรมเพื่ออธิบายเหตุผล เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้โดยไม่บอกคำตอบโดยตรง แต่ต้องมีคำถามให้คิดวิเคราะห์ ด้วยการคิดวิธีการทดลอง

4) ผู้สอนสรุปความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และสามารถนำไปใช้ได้

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) กล่าวถึงวิชาเทคโนโลยี หมายถึง เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการการแก้ปัญหาที่เกิดจากการนำความรู้ ทักษะ ทรัพยากรมาสร้าง พัฒนาปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์ โดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการทางเทคโนโลยีดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงกระบวนการทางเทคโนโลยี

วิชาวิศวกรรมศาสตร์ คือศาสตร์ที่ว่าด้วยความคิดสร้างสรรค์ การสร้างสรรค์ชิ้นงานอย่างเป็นระบบเพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นโดยการออกแบบ (design) การวางแผน (planing) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดเงื่อนไข (Constraints and criteria) ที่กำหนด มีองค์ประกอบ คือ 1) ระบุปัญหา หรือความต้องการ 2) แนวทาง การแก้ปัญหา 3) การลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหา 4) การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล เป็นกระบวนการทำงานที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจกระบวนการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีข้อแตกต่างระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรม และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การออกแบบทางเลือกแล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจไม่ใช่แนวทางที่ถูกต้อง โดยกระบวนการวิศวกรรมเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาสร้างสรรค์ผลงานออกมา ซึ่งต่างกับกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่มุ่งการได้มาของคำตอบ หรือทฤษฎี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า เป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอนการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการ ซึ่งมีขั้นตอน 6 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญญา (Problem Identification)

เป็นขั้นการกระตุ้น และท้าทาย นักเรียนด้วยสถานการณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา จนเกิดความคิดที่หลากหลาย เกิดความเข้าใจอธิบายเหตุการณ์ได้ โดยนักเรียนระบุปัญหาจากเหตุการณ์ สาเหตุ องค์ประกอบของปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา และแยกแยะข้อมูลต่าง ๆ ได้ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิด (Related Information Search)

เป็นขั้นทบทวนความรู้เดิม และเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเท็จจริง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องทุกประเด็น เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหา การประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี และข้อจำกัด

3) ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

เป็นขั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้มีการระดมพลังสมอง เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบชิ้นงาน หรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) ขั้นวางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

เป็นขั้นการระดมพลังสมอง เพื่อวางแผนการทำงานที่รัดกุม และนำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติ มีการกำกับติดตามการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็น

นวัตกรรมขึ้น ซึ่งเป็นการดำเนินการด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นการทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุง และวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นการประเมินผลการแก้ปัญหา การใช้งานของชิ้นงาน และนำนวัตกรรมมาปรับปรุงใหม่ โดยเสริมแต่งความคิดใหม่ เพื่อให้ได้นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดจนเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น

6) ขั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation)

เป็นการนำเสนอแนวคิด และขั้นตอนในการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ดำเนินการได้ 3 แนวทาง

1) จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสม สามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนพิจารณาตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือจากจุดประสงค์ของกิจกรรม ในด้านเนื้อหา เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ

2) จัดกิจกรรมในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน ซึ่งเหมาะกับกิจกรรมสะเต็มที่ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ซับซ้อน และยาก มีข้อดีคือ ผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบ และสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

3) จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียน เช่น ชุมนุม ค่าย ชมรม มักเป็นกิจกรรมที่มีหัวข้อ หรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้การแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม มีข้อดี คือ ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลา และต่อเนื่อง

การจัดกิจกรรมมีความมุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนผ่านการใช้ทักษะ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้า คิดค้น แก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นที่ปรึกษา อาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ในการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) กล่าวถึง ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 3 ลักษณะดังนี้ 1. มีลักษณะเป็นการสอนแบบสืบเสาะหา

ความรู้ 2. มีลักษณะการสอนที่ใช้ปัญหา หรือโครงงานเป็นฐาน 3. มีการบูรณาการสื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้

จำรัส อินทลาภาพรม (2558) ศึกษาแนวคิด และทฤษฎี เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้ และประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1) ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพ และเทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ

2) ทดลองจัดกิจกรรมการการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นปัญหาเป็นฐาน อาจทำแบบโครงงานเป็นฐาน และเน้นผู้เรียนเป็นกลุ่ม ให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ก่อนนำไปจัดกิจกรรมให้แก่ผู้เรียน

3) วัดผลตามสภาพจริง

จากการศึกษาเอกสารพบว่าลักษณะการสอนของสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความเข้าใจเดิม บูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ นำมาประยุกต์ใช้องค์ความรู้ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ช่วยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงาน เข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านการใช้ทักษะในการค้นคว้า และแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีแนวทางการสอนที่เหมาะสม คือ มีการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ วางแผนแนวทางการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติแก้ปัญหา ทดสอบปรับปรุง และนำเสนอการแก้ปัญหา

2.5.4 การใช้สะเต็มศึกษาในต่างประเทศ

จากการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง การใช้สะเต็มศึกษาในต่างประเทศในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

ธนพล วิศิษฐ์กิจการ (2556) กล่าวถึง นโยบายด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา มุ่งเน้นการดำเนินการตามนโยบายทางการเมืองของประธานาธิบดีโอบามา ที่ต้องการที่จะรักษาความเป็นผู้นำด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยมุ่งเน้นนโยบายการขยายขอบเขตการวิจัย พัฒนา และผลักดันเชิงพาณิชย์ นโยบายส่งเสริมการลงทุนในการผลิตคุณภาพสูง นโยบายด้านการส่งเสริมและพัฒนาบุคลากร นโยบายด้านพลังงานสิ่งแวดล้อม และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอื่น ๆ ของสหรัฐฯ ขณะที่ประเทศแคนาดามุ่งเน้นนโยบายที่ส่งเสริมผู้ประกอบการในการสร้างนวัตกรรมจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี นโยบายผลักดันความเป็นเลิศทางความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี นโยบายด้านการพัฒนาบุคลากร และนโยบายพัฒนาบทบาทองค์กรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นโยบายการพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือที่รู้จัก กันในชื่อ STEM Education ได้ถูกริเริ่มขึ้นครั้งแรกในประเทศสหรัฐฯ เป็นเวลาหลายปีมาแล้ว โดยสืบเนื่องมาจากความวิตกกังวลที่ประเทศกำลังขาดแคลนกำลังคนที่มีศักยภาพในด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม ดังนั้นนโยบาย STEM จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาคุณภาพกำลังคนโดยผ่านการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ เพื่อสร้างความเป็นเลิศของคนอเมริกันให้กลับมาเป็นผู้นำทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกครั้งพร้อม ต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21

นโยบาย STEM เกี่ยวข้องกับพัฒนาระบบการศึกษาทั้งระบบ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานรัฐบาล หรือหน่วยงานเอกชน สถาบันการศึกษา หรือองค์กรต่าง ๆ โดยนับตั้งแต่ระดับโรงเรียนเด็กก่อนวัยเรียน (pre-school) ไปจนถึงการพัฒนาความรู้หลังปริญญาเอก (post-doctorate) ซึ่งประกอบไปด้วยการเรียนในห้องเรียน รวมถึงการเรียนโดยผ่านการทำกิจกรรมทางการศึกษาอื่น ๆ โดยหน่วยงานเหล่านี้จะมีบทบาทหลักในการเข้าไปสนับสนุน และส่งเสริมสถาบันศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางการเรียนการสอนตลอดจนบุคลากรที่เกี่ยวข้อง และยังมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพผู้สอนด้าน STEM

จากการศึกษาเอกสารการใช้สะเต็มศึกษาในต่างประเทศพบว่าเริ่มต้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีมุ่งเน้นการวิจัย พัฒนา ส่งเสริมการผลิตที่มีคุณภาพสูง พัฒนาคน พลังงาน และสิ่งแวดล้อม ส่วนแคนนาดามุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี โดยการนำSTEM มาพัฒนาระบบการศึกษาตั้งแต่ก่อนวัยเรียนจนหลังปริญญาเอก

2.5.5 ประเทศไทยกับสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่า มีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทย ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

ชาลี จันทร์เรือง (2558) กล่าวว่า ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมน้อย ทำให้ขาดองค์ประกอบที่สำคัญ ต่อการพัฒนาสังคมเศรษฐกิจที่เป็นรูปธรรม และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางนวัตกรรม ความรู้ที่ยั่งยืน สังคมไทยไม่ได้ใช้ความรู้ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ในการตัดสินใจแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม หรือภัยพิบัติต่าง ๆ โครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี-นวัตกรรม ไม่เพียงพอในการเชื่อมโยง ขาดช่องทางการเข้าถึงที่มีประสิทธิภาพ การผลิต และพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี-นวัตกรรม ไม่เพียงพอทั้งปริมาณ และคุณภาพ ขาดการมีส่วนร่วมของภาคการผลิต ทำให้มีข้อจำกัดในการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ระบบข้อมูลไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้อง ไม่บูรณาการ และเข้าไม่

ถึง จึงจำเป็นจะต้องมีการปฏิรูปแนวทางการผลิต พัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมอย่างเร่งด่วน

ความท้าทายรัฐบาลในปัจจุบัน และอนาคต คือ การก้าวพ้นกับดักประเทศรายได้ปานกลาง (Middle Income) ในขณะเดียวกันประเทศไทยที่กำลังจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ทำให้มีสัดส่วนของประชากรในวัยทำงานลดลง การออกจากกับดักที่ต้องเพิ่มรายได้ ต่อหัวประชาชาติ ปริมาณแรงงานลดลงจำต้องเพิ่มทักษะ คุณภาพของแรงงานด้านสะเต็มศึกษา (STEM Education) น่าจะเป็นคำตอบที่จะสามารถช่วยเพิ่มการสร้างผลผลิต (Productivity) ของประเทศขึ้นได้ เพราะสะเต็มศึกษา (STEM Education) จะสามารถช่วยสร้างทักษะด้านสะเต็มให้แก่เยาวชนในระบบการศึกษา ผลิตกำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ตลอดจนช่วยยกระดับทักษะขีดความสามารถทางเทคโนโลยี นวัตกรรมของประชากรในวัยทำงาน

การพัฒนาทักษะแรงงาน (Career Development) โดยเฉพาะแรงงานในวิสาหกิจขนาดกลาง-ย่อม เพื่อให้บริษัทเหล่านี้สามารถพัฒนาไปสู่บริษัทที่มีทักษะ สามารถที่จะผลิตสินค้าคุณภาพสูงได้ ประเทศไทยจำเป็นต้องยกระดับการลงทุนทางด้านการวิจัย พัฒนา ต้องยกระดับ ขึ้นไปอีกระดับ จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบการผลิตกำลังคน ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี-นวัตกรรม เพื่อรองรับการลงทุนนี้ไม่เพียงแต่ในสถาบันอุดมศึกษา อาชีวศึกษา แต่จำเป็นต้องเริ่มพัฒนากำลังคนในการสร้างความรู้ความเข้าใจ และแรงบันดาลใจให้แก่ผู้เรียนระดับประถมศึกษา ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้โดยครูต้องสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ ตั้งคำถาม แล้วหาคำตอบด้วยตนเอง รวมทั้งสามารถทำงานเป็นกลุ่ม ในระดับมัธยมศึกษาจะต้องนำสะเต็มศึกษา (STEM Education) มาใช้มากขึ้น ดังนั้นการเรียนการสอน วิธีการวัดผลสำหรับสะเต็มศึกษา (STEM Education) จะต้องปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนจากการเรียนทฤษฎีเพียงอย่างเดียว เป็นการเรียนที่มีการลงมือปฏิบัติมากขึ้น ในระดับอุดมศึกษาก็ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน เช่น การผลิตวิศวกรในปัจจุบันมุ่งเน้นการทำงานในโรงงาน พบปัญหาว่าวิศวกรเหล่านี้ทำงานได้เพียงระดับปฏิบัติการทั่วไป แต่ความสามารถในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ยังไม่มากนัก อาจเนื่องมาจากความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ หรือเหมาะสม การใช้สะเต็มศึกษา (STEM Education) น่าจะช่วยให้วิศวกรเข้าใจ และมีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นในการนำไปสร้างพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ สรรค์สร้างนวัตกรรมต่าง ๆ เนื่องจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการเชื่อม ต่อองค์ความรู้และการนำงานวิจัยไปสู่การใช้จริงได้

แนวนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) แห่งชาติ

การวางแผนยุทธศาสตร์ประเทศให้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นส่วนหนึ่งของแผนยุทธศาสตร์ประเทศ และมีแผนการดำเนินงานระยะยาวโดยมีการกำหนดนโยบายดำเนินการ

(Road Map) ในระยะยาว 10–20 ปีควรมีการกำหนดสิทธิประโยชน์ เพื่อจูงใจให้ภาคเอกชน สังคม เข้าร่วมในการดำเนินการด้านสะเต็ม และการใช้ประโยชน์กำลังคนด้านสะเต็ม

1) การศึกษา และการพัฒนากำลังคน ได้แก่

- พัฒนาศึกษาของชาติสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ด้านกำลังคน

- ปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอน การวัดประเมินผลให้สอดคล้องกับ สะเต็มศึกษา (STEM Education) รวมทั้งทำการศึกษาให้เชื่อมโยงกับการประกอบอาชีพ

- ให้การศึกษา และการพัฒนากำลังคนตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ผ่านการเชื่อมโยงการเรียนการสอนกับการประกอบอาชีพ

2) การสร้างความตระหนัก และการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม ได้แก่

- พัฒนาให้ประเทศไทยเป็นสังคมวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างความตระหนักแก่สังคมให้เกิดการเรียนรู้

- กระจายอำนาจไปสู่ท้องถิ่น เพื่อสร้างความยั่งยืน และการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม

2.5.6 สิ่งที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง สิ่งที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการด้านเนื้อหาวิชาแล้วยังได้นำหลักการ และทักษะ กระบวนการคิด การออกแบบการแก้ปัญหา การให้เหตุผลทางวิศวกรรม มาบูรณาการ นักเรียนจะได้เรียนรู้ และก่อให้เกิดทักษะด้านต่าง ๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย เป็นการเชื่อมโยงหลักสูตรไปสู่โลกแห่งความเป็นจริง และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในด้านอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสม และนักเรียนยังมีคุณสมบัติการเป็นนักคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล นักสื่อสาร และเป็นผู้รอบรู้ทางเทคโนโลยี ทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

Lantz (2009) สรุปการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็ม พบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาดังนี้

1) ความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถกำหนดคำถาม ปัญหา ออกแบบ ค้นคว้าประยุกต์ใช้กับสถานการณ์โดยใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ร่วมกัน

2) ความเป็นผู้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เพื่อนำไปออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ

3) ความสามารถในการประดิษฐ์ออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ทำการทดลอง ออกแบบซ้ำโดยการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นำไปใช้ในชีวิตจริง เพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม

4) ความเชื่อมั่นในตนเอง สร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเอง พัฒนาความรู้ เพิ่มความเชื่อมั่นในตนเอง ในการทำงาน ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

5) ความคิดอย่างมีเหตุผล มีตรรกะ ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมได้

6) ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี มีความเข้าใจ และสามารถอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี พัฒนาทักษะที่จำเป็น สามารถนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่าการศึกษาตามแนวทางสะเต็ม เป็นการบูรณาการด้านเนื้อหาวิชา ทักษะกระบวนการคิด การให้เหตุผลทางวิศวกรรม การออกแบบ การแก้ปัญหา มีผลทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นตนเอง มีทักษะด้านความคิด รอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบทางวิศวกรรม มีความสามารถด้านการค้นคว้า ริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ และเป็นนักสื่อสารที่ดี

2.5.7 การวัดและประเมินผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึง การวัด และประเมินผล ในประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

จำรัส อินทลาภาพร (2558) กล่าวถึง การวัดผลมี 2 วิธี คือ

1) ผู้สอนที่ใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry – based Learning) มีการประเมินโดยการตั้งคำถามในแบบทดสอบ การปฏิบัติการทดลอง การรายงานผลการทดลอง และการศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

2) ผู้สอนที่ใช้รูปแบบการทางวิศวกรรม

- ประเมินจากการระดมความความคิด การพัฒนาโมเดลต้นแบบ และการทำงานเป็นทีม ในการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษาควรมีการประเมินหลายครั้ง คือ ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน การประเมินระหว่างเรียนโดยการใช้คำถาม การสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน ประเมินตนเอง และการประเมินจากเพื่อน การบันทึกข้อมูลงานทำเสร็จตามเป้าหมาย การประเมินหลังเรียนสามารถประเมินโครงงานที่ผู้เรียนได้ลงมือ ลักษณะสำคัญของการวัด และประเมินผลจากสภาพ ใช้วิธีการประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในด้านของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินจากความสามารถในการจดจำความรู้

- ประเมินจากความสามารถของผู้เรียนในส่วนที่ควรส่งเสริม และส่วนที่ควรจะแก้ไขปรับปรุงจากความสามารถในการถ่ายโอนความรู้สู่ชีวิตจริง ประเมินตามสภาพจริง โดยประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก การกระทำ และผลงาน เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง การแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม การสร้างชิ้นงานซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน การแก้ปัญหา การแสวงหาความรู้ซึ่งการประเมินต้องมีวิธีที่หลากหลาย สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินอย่าง ต่อเนื่องซึ่งจะสะท้อนถึงการพัฒนาความสามารถที่จริงของผู้เรียน

- เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมประเมินผลงานของทั้งตนเอง และของเพื่อนร่วมห้อง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเอง สามารถพัฒนาตนเองได้

ลักษณะสำคัญของการประเมิน

1) การประเมินต้องผสมผสานกับการเรียนการสอน ประเมินอย่าง ต่อเนื่องมีวิธีการที่หลากหลาย ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านโดยใช้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2) ประเมินความคิดที่ซับซ้อน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะด้านต่าง ๆ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3) ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพในแง่ของผู้ผลิต กระบวนการผลิตมากกว่าความจำ ความมีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตนเอง เชื่อมั่นตนเอง สามารถพัฒนาตนเองได้

4) ให้ความสำคัญ ต่อการพัฒนาการของผู้เรียน สามารถนำมาพิจารณาจุดเด่นจุดด้อย ให้ความช่วยเหลือตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล สะท้อนให้เห็นกระบวนการเรียนการสอน การวางแผนการจัดการเรียนรู้ของครูเป็นไปตามจุดมุ่งหมายการเรียนสอนหรือไม่ เพื่อนำมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรม ตัวแปรที่เหมาะสมในการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มความสามารถให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้สู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

วิธีการ แหล่งข้อมูลการวัดและประเมินผล

1) สังเกตการณ์แสดงออกเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม
2) ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน แฟ้มผลงาน
3) การสัมภาษณ์
4) บันทึกของผู้เรียน
5) การประชุมระหว่างครูกับผู้เรียน
6) การวัด ประเมินผลภาคปฏิบัติ ด้านความสามารถ
7) การทดสอบ

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย พบว่าการวัดผลการเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยการวัดผลก่อนเรียน วัดจากความรู้พื้นฐานที่ควรรู้ ระหว่างเรียน วัดจากบันทึกการทำงาน คำถาม พฤติกรรม ประเมินตนเอง ประเมินจากเพื่อน และหลังเรียน ดำเนินการประเมินจากผลงาน ความคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการทำงาน ด้านผู้ผลิต กระบวนการผลิต ประเมินความมีส่วนร่วม ความเชื่อมั่น เจตคติ และการรู้จักตนเอง

GRAD VRU

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ กระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนการสอนตามแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐาน					**ขั้นตอนการสอนที่สังเคราะห์ขึ้น**
STEM EDUCATION	**Guilford**	**Torrance**	**Perkins**	**กระบวนการสืบเสาะ(5E)**	
1. ขั้นระบุปัญหา	1. ขั้นเตรียมการรับรู้ปัญหา	1. พบความจริง 2. ค้นพบปัญหา		1. สร้างความสนใจ	1. ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล	2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	3. ตั้งสมมติฐาน			2. ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3. ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	4. ค้นพบคำตอบ	1. จุดประสงค์การออกแบบ 2. โครงสร้าง	2. สำรวจ และค้นหา	3. ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงาน
4. ขั้นวางแผนการดำเนินงาน			3. สร้างรูปแบบจำลอง 4. มีเหตุผลโต้แย้ง	3. อธิบายและลงข้อสรุป	4. ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน
5. ขั้นการทดสอบประเมินผล ปรับปรุง วิธีการแก้ปัญหา	4. ขั้นตรวจสอบผล		5. ขั้นพัฒนาและปรับปรุง	5. ประเมินผล	5. ขั้นประเมินพัฒนา และปรับปรุงชิ้นงาน
6. ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา		5. ยอมรับผลการค้นพบ		4. ขยายความรู้	6. ขั้นนำเสนอผลงาน
	5. ขั้นประยุกต์ใหม่				7. ขั้นสรุป และประยุกต์

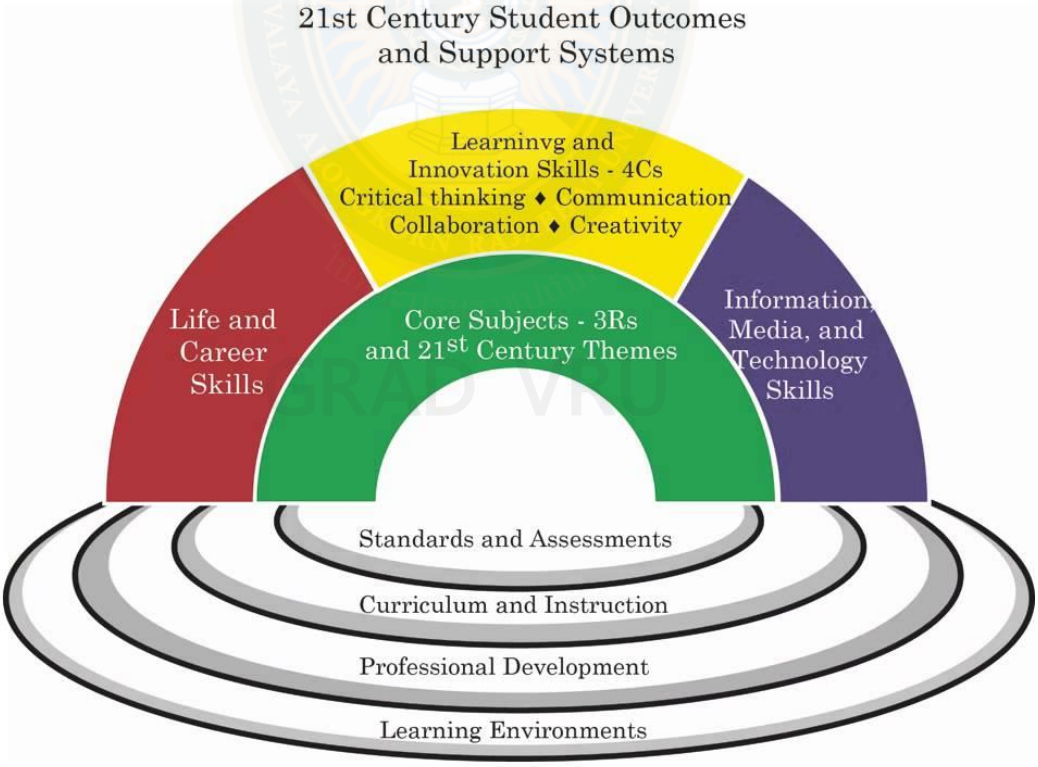
จากการศึกษางานวิจัย พบว่าสะเต็มศึกษามีแนวทางการจัดกิจกรรมแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะด้านกระบวนการความรู้ และเจตคติ โดยการจัดกิจกรรมมีทั้งแบบกลุ่ม หรือเดี่ยว เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางสำคัญ กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม และยึดเนื้อหาตามตัวชี้วัด และหลักสูตรมาตรฐาน

2.6 ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

จากการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม พบว่าประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

2.6.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21

เครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) หรือมีชื่อย่อว่าเครือข่าย 21 ได้พัฒนาวิสัยทัศน์เพื่อความสำเร็จของนักเรียนในระบบเศรษฐกิจโลกใหม่



ภาพที่ 2.3 แสดงทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills)

เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติบูรณาการทักษะเข้าในการสอนเนื้อหาหลักด้านวิชาการ เครือข่าย P21 ได้พัฒนาวิสัยทัศน์การเรียนรู้เป็นกรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยผสมผสานองค์ความรู้ ทักษะเฉพาะด้าน ความชำนาญการ และความรู้เท่าทันด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ประสบความสำเร็จทั้งในด้านการทำงาน และการดำเนินชีวิต กรอบแนวคิดข้างต้น เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาทักษะแห่งอนาคตใหม่สำหรับประเทศไทย

การนำทักษะในศตวรรษที่ 21 ทุกทักษะไปใช้ นักเรียนทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาหลักด้านวิชาการ การที่นักเรียนจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาน และสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องอาศัยบูรณาการของพื้นฐานความรู้ดังกล่าว ภายใต้บริบทการสอนความรู้วิชาหลัก นักเรียนต้องเรียนรู้ทักษะที่จำเป็นเพื่อให้ประสบความสำเร็จในโลกทุกวันนี้ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการร่วมมือกัน

กรอบความคิดข้างต้นจำเป็นต้องมีระบบสนับสนุนการศึกษาที่จำเป็น ได้แก่ มาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผล หลักสูตร และวิธีการสอน การพัฒนาวิชาชีพ และบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น และจบการศึกษาออกไปด้วยความพร้อมที่จะประสบความสำเร็จในเศรษฐกิจโลกของทุกวันนี้ เครือข่าย P21 ประกอบด้วยหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ขับเคลื่อนแนวคิดข้างต้นในสหรัฐอเมริกาตั้งปี 2002

2.6.1.1 สาระวิชาหลัก และทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

การรอบรู้สาระวิชามีความสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อความสำเร็จของนักเรียน สาระวิชาหลักได้แก่ ภาษอังกฤษ การอ่านภาษาของโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ การปกครอง และความเป็นพลเมืองที่ดี แต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 โรงเรียนต้องส่งเสริมความเข้าใจเนื้อหาวิชาการให้อยู่ในระดับสูงด้วยการสอดแทรกทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ต่อไปนี้เข้าทุกวิชาหลัก

1) ความรู้เรื่องโลก (Global Awareness)

2) ความรู้ด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economic, Business and Entrepreneurial Literacy)

3) ความรู้ด้านการเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy)

4) ความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy)

5) ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

2.6.1.2 ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนในการเข้าสู่การทำงานซึ่งมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นในโลกปัจจุบัน ทักษะด้านนี้ได้แก่

1) ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

2) การคิดอย่างมีวิจารณญาน และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving)

3) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration)

2.6.1.3 ทักษะการสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี

ในสภาพแวดล้อมที่ขับเคลื่อนด้วยสื่อ เทคโนโลยี ซึ่งจะเห็นได้จากการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารจำนวนมากมายการเปลี่ยนแปลงอย่ารวดเร็วด้านเทคโนโลยีการศึกษา และความสามารถในการเชื่อมโยงกัน และการมีส่วนร่วมในอัตราที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน พลเมือง และแรงงานที่มีประสิทธิภาพต้องสามารถแสดงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาน และปฏิบัติงานได้หลากหลาย เช่น 1) ทักษะด้านสารสนเทศ (Information Literacy)

2) ทักษะด้านสื่อ (Media Literacy)

3) ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร (Information, Communications and Technology, Literacy)

2.6.1.4 ทักษะชีวิต และอาชีพ

ชีวิตและสภาพการทำงานในทุกวันนี้จำเป็นต้องมีทักษะการคิด และองค์ความรู้เพิ่มขึ้นมากมาย ความสามารถในการทำงานในยุคที่แข่งขันกับด้านข้อมูลข่าวสาร และการดำรงชีวิตที่มีความซ้ำซ้อนให้ประสบความสำเร็จได้นั้น จำเป็นที่นักเรียนต้องใส่ใจอย่างเคร่งครัดในการพัฒนาทักษะชีวิต ต่อไปนี้ให้เพียงพอ

1) ความยืดหยุ่น และความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability)

2) การริเริ่ม และการกำกับดูแลตนเองได้ (Initiative and Self-Direction)

3) ทักษะด้านสังคม และทักษะข้ามวัฒนธรรม (Social and Cross-Cultural Skills)

4) การมีผลงาน และความรับผิดชอบตรวจสอบได้ (Productivity and Accountability) 5) ภาวะผู้นำ และความรับผิดชอบ (Leadership and Responsibility)

2.6.1.5 ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การพัฒนากรอบความคิดที่ครอบคลุมเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้น จำเป็นต้องจะต้องสร้างระบบส่งเสริมเพิ่มขึ้นจากทักษะเฉพาะด้าน องค์ความรู้ ความชำนาญการ และความสามารถในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนรอบรู้มีความสามารถที่จำเป็น และหลาย

หลาย เครือข่าย P21 ได้ระบุระบบส่งเสริมให้นักเรียนได้รอบรู้ทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ไว้ด้วยกัน 5 ระบบดังนี้

1) มาตรฐานการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Standards)

2) การประเมินผลทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Assessments of 21st Century Skills)

3) หลักสูตร และวิธีการสอนในศตวรรษที่ 21 (21st Century Curriculum and Instruction)

4) การพัฒนาวิชาชีพในศตวรรษที่ 21 (21st Century Professional Development)

5) บรรยากาศการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Learning Environments)

2.6.2 ลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

สมพร หลิมเจริญ (2552) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญ ต่อมนุษย์ทำให้เกิดการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ คิดค้นสิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่ ค้นพบแนวคิด ทฤษฎีที่เป็นประโยชน์ทำให้มนุษย์สามารถปรับตัวให้เข้าสิ่งแวดล้อม ดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันได้อย่างมีความสุข และทำให้มนุษย์สร้างจินตนาการ สามารถแก้สถานการณ์ หรือสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดประโยชน์ ต่อตนเอง ประเทศชาติ เกิดความเจริญก้าวหน้า

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2557) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือการพัฒนา ต่อยอดของเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อ้างถึง เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน ได้กล่าวถึง ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ทรัพยากรที่สำคัญที่สุดของมนุษย์เรา คือ ความคิดสร้างสรรค์หากไม่มีความคิดสร้างสรรค์แล้วคงไม่มีการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ขึ้น และคงทำในแบบเดิม ๆ ตลอดไป

จตุพร สังขวรรณ (2543) กล่าวถึง ประโยชน์ของความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1) ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดแนวทางใหม่ ๆ ในการดำเนินชีวิต และหนทางใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหาชีวิต และการทำงาน

2) ก่อให้เกิดความสนุก เนื่องจากมนุษย์ที่ต้องค้นหาวิธีการใหม่ ๆ ขึ้นมาทดแทนความคิดเก่า ๆ สำหรับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การที่มนุษย์ต้องคิดอะไรใหม่ ๆ อยู่เสมอย่อมเป็นเรื่องสนุก เพราะทำให้ชีวิตไม่จำเจ

3) พัฒนาสมองของคนให้มีความฉลาด เฉียบคม ฝึกการคิด หรือพยายามคิดเรื่องที่แปลก ใหม่ เป็นประจำ ทำให้เกิดความเฉียบแหลมในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ เพิ่มขึ้น

4) สร้างความเชื่อมั่น ความน่านับถือ และความพอใจใสตนเองมากขึ้น เมื่อใดก็ตามที่เราพัฒนาขีดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์จนสามารถเผชิญหน้า และแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างราบรื่น จะสามารถเป็น ผู้นำทางด้านความคิด และเกิดความภูมิใจในตนเอง นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์ยังช่วยยกระดับความสามารถที่หลากหลาย ความอดทน ความคิดริเริ่มของผู้นำให้เพิ่มมากขึ้น และยังเป็นการพัฒนาความสนใจงาน พัฒนาการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ พัฒนาชีวิตให้ทันสมัยมากขึ้น

ทองคูณ หงส์พันธุ์ (2533) อธิบายประโยชน์ของความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1) มีคุณค่า ต่อสังคมเพื่อประโยชน์ และความเจริญก้าวหน้าของสังคม ทางวิทยาการของโลก เช่น ผลงานด้านวิทยาศาสตร์ ด้านศิลปะ เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในด้านการแพทย์ คมนาคม การเกษตร พลังงาน สภาพแวดล้อม จนประสบผลสำเร็จ ก่อให้เกิดความคิดใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่มนุษย์

2) มีคุณค่า ต่อตนเองทำให้มีความพึงพอใจ มีความสุข ภาคภูมิใจในตนเอง ช่วยพัฒนาบุคลิกภาพ เกิดความมั่นใจในตนเอง และปรับตัวเข้ากับสังคมได้ดี

จตุพร สังขวรรณ (2543) กล่าวถึง นวัตกรรมเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการผลิตหรือพัฒนาปัจจัย กระบวนการ เพื่อลดปัญหา แก้ปัญหา ให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยต้องมีการผสมผสานระหว่างจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ

จุฑารัตน์ บันดาลสิน (2557) กล่าวว่า นวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้จากความคิดสร้างสรรค์ของบุคคล ซึ่งเป็นปัจจัยในการเพิ่มขีดความสามารถให้ประสบความสำเร็จ

ปาณทิพย์ เปลี่ยนโมฬ (2553 อ้างถึงใน วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541) กล่าวว่าการนำนวัตกรรมจากความคิดสร้างสรรค์มาพัฒนาผู้ประกอบการให้มีความสามารถในการวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพ และบริหารจัดการเทคโนโลยีอย่างถูกต้องเป็นระบบ สามารถพัฒนาการผลิตให้มีผลิตภาพเพิ่มขึ้นและสามารถสร้างสรรถนะในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

Vehar (2012 อ้างใน กุลชลี จงเจริญ, 2561) กล่าวว่า การเกิดนวัตกรรม มีองค์ประกอบสำคัญมาจากความคิดสร้างสรรค์ และยังเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้องค์กรประสบสำเร็จ

Naiman (2016 อ้างใน ณภูผา โพธิมา, 2561) กล่าวถึงข้อดีของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ทำให้เกิดการพัฒนาความคิดทั้งของตนเอง และของกลุ่ม ที่จะเผชิญกับความเสี่ยง เรียนรู้จากความล้มเหลว รู้จักการผจญกับอุปสรรค การค้นหาข้อมูล การแปลข้อมูล การดำเนินการ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการทำงาน การผลิต เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เกิดการพัฒนาทักษะการค้นพบ 5 ข้อ คือ

1) ทักษะนวัตกรรมการประดิษฐ์

2) ทักษะการตั้งคำถาม

3) ทักษะการเชื่อมโยงความคิด

4) ทักษะการทดลอง

5) ทักษะการทำงานเป็นทีม

2.6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ได้แก่

2.6.3.1 ทฤษฎีการสร้างเชาวน์ปัญญาของ Guilford

Guilford (1967) ได้เสนอทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความสามารถในการคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Flurney) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความสามารถในการแต่งเติม หรือให้คำอธิบาย แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่สุด คือ ความคิดริเริ่ม

ความคิดสร้างสรรค์ไม่ใช่พรสวรรค์ที่บุคคลมี เป็นคุณสมบัติที่มีอยู่ในตัวบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากัน และบุคคลแสดงออกมาในระดับต่างกัน

1) ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง เป็นความคิดที่เกิดขึ้นในครั้งแรก แตกต่างไปจากความคิดเดิม โดยอาศัยจินตนาการ เป็นลักษณะความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดเดิม ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นที่ไม่ซ้ำของเดิม

2) ความคิดคล่อง (fluency) หมายถึง ลักษณะของความคิดที่แสดงออกมาในรูปแบบของปริมาณ ความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน คิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณมากในเวลาอันจำกัด มี 4 ด้าน คือ ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ ด้านการคิด ด้านการโยงสัมพันธ์ และด้านการแสดงออก

3) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท และหลายทิศทางดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ แบ่งเป็น

- ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถในการคิดได้อย่างอิสระ

- ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง เป็นความสามารถที่คิดได้หลากหลาย และสามารถดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

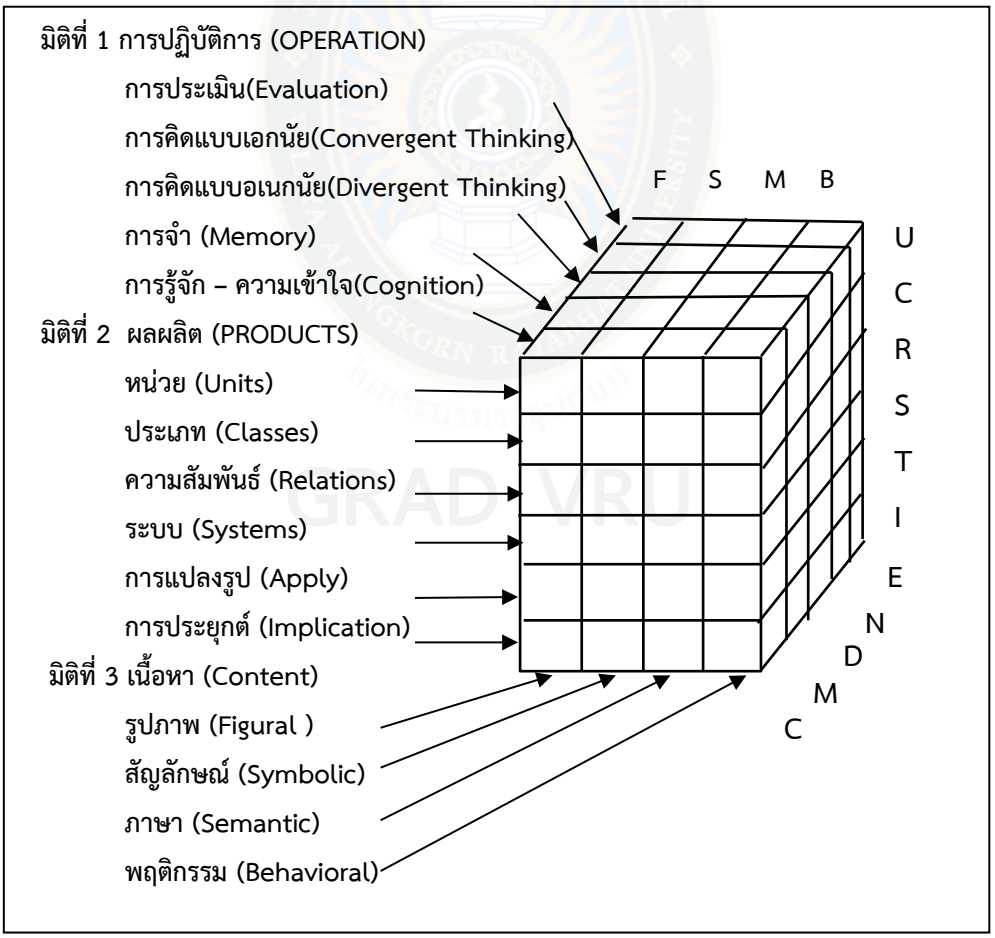
4) ความคิดละเอียดลออ (elaboration) เป็นความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง ขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การเกิดความคิดสร้างสรรค์อาจแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่

แนวทางแรก : เกิดจากจินตนาการแล้วคิดวิเคราะห์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ จินตนาการของคนเรามีความสำคัญมากเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดสิ่งใหม่ ๆ ซึ่งส่วนมากมักเริ่มจากปัญหา หรือความต้องการของมนุษย์ จึงทำให้เราต้องคิดหาสิ่งใหม่ ๆ

แนวทางที่สอง : เกิดจากการ ต่อยอดความคิดจากสิ่งเดิมที่มีอยู่ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ในลักษณะนี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งเนื่องจากความคิดมักเริ่มจากการมีประสบการณ์ และความรู้เดิม ทำให้สามารถคิดต่อยอด หรือพัฒนาปรับปรุงสิ่งเดิมให้ดีขึ้น

Guilford (1967) ได้เสนอทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาประกอบด้วย 3 มิติ และความสามารถด้านการคิด ได้แก่ มิติกระบวนการ มิติเนื้อหา และมิติของผลผลิต ซึ่งกิลฟอร์ดได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา (The Structure of Intellect) กับขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาของดิวอี้ จนได้ข้อสรุปว่า ขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องมีความสามารถด้านความรู้ (Cognition) ขั้นการเสนอวิธีการปฏิบัติต้องมีความคิดแบบเอกนัย (Convergent and Divergent) และแบบอเนกนัย ส่วนการตรวจสอบผลลัพธ์ ต้องมีความสามารถด้านการประเมินค่า (Evaluation) ดังนี้



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford

มิติที่ 1 มิติด้านการปฏิบัติการ เป็นกระบวนการทางความคิด (Operations) ที่ใช้ในการกระทำ ต่อสิ่งเร้า แบ่งออกเป็น 5 อย่างคือ

1) การรู้จักและเข้าใจ (Cognition) คือ ความสามารถในการเข้าใจสิ่งที่พบ

2) ความจำ (Memory) คือ ความสามารถในการระลึกถึงประสบการณ์ที่ผ่านมา

3) ความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบกว้าง ๆ หลายแง่ หลายมุม ไม่จำกัดจำนวน

4) ความคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) คือ ความสามารถในการคิดแบบมีขั้นตอน เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

5) ความคิดแบบประเมินค่า (Evaluation) คือ ความสามารถในการพิจารณาตัดสิน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

มิติที่ 2 ผลผลิต เป็นผลของความคิด (Product) คือ รูปแบบของความรู้ที่เกิดจากการกระทำโดยใช้วิธีการทางความคิดกับสิ่งเร้ามี 6 รูปแบบ

1) หน่วย (Units) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของลักษณะทั่วไปที่บ่งบอกชนิดของสิ่งนั้น ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งอื่น เช่น ต้นไม้ สิ่งของ

2) ประเภท จำพวก (Classes) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของกลุ่ม คุณสมบัติร่วม เช่น การจัดกลุ่มของสัตว์

3) ความสัมพันธ์ (Relations) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของการเชื่อมโยง เช่น รถใช้น้ำมัน

4) ระบบ (System) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของแบบแผน อนุกรม การจัดลำดับ

5) การแปลงรูป (Transformations) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของการเกิดความหมายใหม่ โดยอาศัยความรู้เดิม

6) การคาดหวัง การประยุกต์ (Expectation) คือ ผลที่เกิดขึ้นในรูปแบบของการทำนาย คาดคะเน

มิติที่ 3 มิติด้านเนื้อหา (Content) เกี่ยวกับข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสมี 4 ประเภท คือ

1) รูปภาพ (Figural) คือ สิ่งเร้าที่รับรู้ได้ประสาทสัมผัส เช่น ภาพ และเสียง

2) ภาษา (Semantic) คือ สิ่งเร้าที่เป็นภาษา การสื่อสารเพื่อความเข้าใจ

3) สัญลักษณ์ (Symbolic) คือ สิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายใช้แทนสิ่งอื่น เช่น ตัวเลข

4) พฤติกรรม (Behavior) คือ สิ่งเร้าที่เกี่ยวกับกิริยาอาการที่แสดงออกถึงความรู้สึก

โครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด (Guilford) แสดงองค์ประกอบทั้งมิติที่มีความสัมพันธ์กันเป็นเซลล์จำนวน 120 เซลล์ หรือ 120 องค์ประกอบ แต่ละตัวประกอบด้วยหน่วยย่อยของสามมิติ สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น บุคคลจะตอบสนอง ต่อสิ่งเร้าในลักษณะหลายทิศทาง ทำให้ได้คำตอบที่แปลกใหม่

ขั้นตอนการสอนของกิลฟอร์ด

1)ขั้นเตรียมการ (Preparation) คือ การรับรู้ เข้าใจปัญหา ว่าปัญหาคืออะไร อะไรคือปัญหาของเหตุการณ์นั้น

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) คือ การระบุแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้นถึงองค์ประกอบของปัญหา สิ่งใดทำให้เกิดปัญหา การตั้งคำถามกับตนเองถึงแนวทางการแก้ปัญหา แยกแยะข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกัน

3)เสนอแนวทางการแก้ปัญหา (Production) คือ การหาวิธีการแก้ปัญหาในวิธีการปฏิบัติการรวบรวมข้อเท็จจริง เพื่อนำมาตั้งสมมุติฐาน และพิจารณาแหล่งข้อมูล

4) การตรวจสอบผล (Verification) คือ ขั้นที่เสนอเกณฑ์ เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหา ต้องมีวิธีการปรับปรุงให้ได้วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา

5) การนำไปประยุกต์ใหม่ (Reapplication) คือ การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกไปใช้ในโอกาสอื่น เมื่อประสบปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกัน

2.6.3.2 ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

ทอร์แรนซ์ และเมเยอร์ (Torrance & Mayer, 1972) กล่าวถึง การแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์ จะแสดงออกตลอดกระบวนการของความรู้สึก หรือการเห็นปัญหา การรวบรวมความคิด เพื่อตั้งเป็นข้อสมมุติฐาน การทดสอบ ตลอดจนการสรุป ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หรือ “The creative problem solving process”

กระบวนการแก้ปัญหาของทอแรนซ์ มี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 พบความจริง (Fact-finding) เป็นความรู้สึกกังวล วุ่นวาย สับสน

ขั้นที่ 2 ค้นพบปัญหา (Problem-finding) พบว่าความกังวลเกิดจากปัญหา

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน (Idea-finding) ตั้งสมมติฐาน และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 4 ค้นพบคำตอบ (Solution-finding) การพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 5 ยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance-finding) ยอมรับคำตอบจากการพิสูจน์ ในความสำเร็จในการแก้ปัญหา นำไปสู่แนวทางในความคิดใหม่ เรียกว่า new challenges สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ ให้ความสำคัญกับการทำปัญหาให้กระจ่าง

ประนอม มณีวงษ์ (2537) วิธีการคิดที่เน้นเรื่องความคิดสร้างสรรค์ คือ การคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) เป็นการคิดได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม จนได้วิธีการแก้ปัญหาได้ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถของการคิด 4 ประการ คือ การคิดคล่อง (Fluency) การคิดยืดหยุ่น (Flexibility) การคิดริเริ่ม (Originality) และการคิดละเอียดลออ (Elabolation) ดังนี้

1) การคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการสร้างแนวคิด เพื่อหาคำตอบในการแก้ปัญหาที่หลากหลายได้อย่างหลากหลาย รวดเร็ว มีปริมาณมากในเวลาที่จำกัดซึ่งเกิดจากความเข้าใจ (Uderstanding) ไม่ใช่เพียงแค่การจดจำ (Remembering) สารสนเทศเท่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ

- การคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถในการใช้คำอย่างคล่องแคล่วในเวลาที่จำกัด

- การคิดคล่องทางด้านการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถในการแสดงแนวคิดออกมาจำนวนมาก หลากหลายแง่มุม ในเวลาที่จำกัด

- การคิดคล่องทางด้านโยงความสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถในการคิดโยงความสัมพันธ์หาสิ่งที่เหมือนกัน หรือสิ่งที่คล้ายกันมากที่สุด มีความเหมาะสม และเกิดประโยชน์มากที่สุดในเวลาที่จำกัด

- การคิดคล่องทางด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลี ประโยค นำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วให้ได้ประโยคตามที่ต้องการ

2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง เป็นความสามารถในการสร้างแนวคิดที่หลากหลายได้อย่างเป็นประโยชน์ เปลี่ยนกฎ หลักการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้ ซึ่งเป็นตัวเสริมจากการคิดคล่อง (Fluency) ให้มีคุณภาพของการคิดให้มากขึ้น (Guilford, 1967 อ้างถึงในจารุณี ซามาตย์, 2552) โดยสามารถนำสิ่งที่คิดได้มาจัดประเภท สามารถแบ่งจำแนกแยกแยะสามารถจัดหมวดหมู่ได้ คิดไม่ซ้ำ โดยแบ่งการคิดยืดหยุ่นออกเป็น 2 ด้าน คือ

- การคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) คือ สามารถจำแนกแยกแยะ และบอกความหมายได้

- การคิดยืดหยุ่นทางด้านการเปลี่ยนแปลง (Adaptive flexibility) คือ สามารถคิดเปลี่ยนแปลงกฎ หลักการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายเดียวกันได้

3) การคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการสร้างแนวคิดแปลกใหม่ต่างจากความคิดธรรมดา มีประโยชน์ต่อสังคม ถูกค้นพบโดย Garnett (1919) โดยเรียกอีก

ชื่อหนึ่งว่า “Cleverness” ซึ่งการคิดริเริ่มเกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่ โดยอาศัยความคิดจินตนาการ การประยุกต์ โดยแบ่งความสามารถของการคิดริเริ่มออกเป็น 3 ด้าน คือ

- สามารถดัดแปลง แก้ไข แล้วรวบรวม ประกอบขึ้นเป็นรูปแบบใหม่ที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

- ความสามารถในการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่

- ความสามารถในการคิดออกแบบใหม่ ไม่ซ้ำแบบใคร

4) การคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ความสามารถในการคิดรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้อย่างชัดเจน เกิดแนวคิดดีขึ้นกว่าเดิม โดยแบ่งการคิดละเอียดลออ ออกเป็น 2 ด้าน คือ

- ความสามารถในการคิดที่จะสร้างขึ้นใหม่โดยการเลือกจากการประเมินคำตอบ และทำการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด

- ความสามารถในการตัดสิน ประเมินค่าความรู้ที่ได้ให้ดีมากขึ้น

2.6.3.3 Inventive Thinking การคิดประดิษฐ์ของเดวิด เพอร์กินส์ (อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) เสนอแนวคิดซึ่งช่วยให้สามารถอธิบายเกี่ยวกับทักษะการคิด และ กลยุทธ์ในการคิดที่เหมาะกับการนำไปสอนในชั้นเรียน ช่วยให้ครูเข้าใจ และสามารถนำมาใช้ให้สอดคล้องกับการสอน การพัฒนาการคิดทำได้ในทุกวิชา การพัฒนาการคิดจะประสบความสำเร็จต้องมีการกระตุ้นให้คิดหลากหลายประเภท และสอดคล้องกับสิ่งที่เรียน มีการจำแนกรูปแบบหลัก ๆ ของการคิดเป็น 6 แบบดังนี้

1) การสร้างความหมาย และความเข้าใจ

เป็นการค้นพบแบบรูปที่อยู่ในข้อมูล การกำหนดโครงสร้าง การวิเคราะห์ และจัดหมวดหมู่สิ่งของ และทำความคิดนั้น ให้กระจ่าง ตัวอย่างของการคิดลักษณะนี้ คือ การเรียงลำดับ การจัดลำดับ การจัดตำแหน่ง การจัดประเภท การจัดกลุ่ม การแยกประเภท การวิเคราะห์และระบุส่วนย่อย และส่วนรวม การหาแบบแผน และความสัมพันธ์ การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง

2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เป็นการพินิจพิเคราะห์ และพิจารณาความคิดของตนเอง เข้าใจว่าความกำกวมเป็นช่องทางให้เรียนรู้นักเรียนต้องตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของแนวคิด พิจารณาสาเหตุ และผลกระทบ เช่น คาดคะเนล่วงหน้า และสร้างสมมติฐานให้เหตุผลในการลงสรุป ไม่ด่วนสรุปแบบไร้เหตุผล แยกแยะข้อเท็จจริงออกจากความคิดเห็น พิจารณา

ถึงอคติ และความน่าเชื่อถือของหลักฐาน ตระหนักถึงความถูกต้อง และการตรวจสอบ เชื่อมโยงเหตุและผล วางแผนการทดลองที่ยุติธรรมซึ่งนำไปสู่ข้อสรุป

3) การคิดสร้างสรรค์

เป็นการริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ และทำให้เกิดสิ่งที่เป็นไปได้ ต้องใช้ความสามารถจะสร้างแนวคิด หาทางเลือก และสามารถมองได้หลายแง่มุม และการยอมรับความเสี่ยงที่เกิดจากการริเริ่ม เช่น สร้างแนวคิด และความเป็นไปได้ สร้าง รวบรวม และแจกแจงแนวคิด กำหนดความเห็นของตนเอง มองจากแง่มุมหลาย ๆ ด้าน

นอกจากนั้นเพอร์กินได้เสนอวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยยึดหลักว่างานสร้างสรรค์ทุกชนิดทั้งที่เป็นรูปธรรม เช่น สิ่งประดิษฐ์ และนามธรรม หลักการทฤษฎี เกิดขึ้นจากมูลเหตุจูงใจในการออกแบบของผู้ประดิษฐ์คิดค้น หรือ Creative by Design ดังนั้นการวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ในแง่การออกแบบจะทำให้เข้าใจสิ่งนั้นอย่างลึกซึ้ง สามารถอธิบายเหตุผลประกอบการออกแบบนั้นได้ และมองเห็นจุดที่จะนำไปพัฒนาปรับปรุงอย่างสร้างสรรค์ เกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์ คือผลงานที่บุคคลสร้างขึ้น จะเรียกว่าบุคคลนั้นมีความคิดสร้างสรรค์ได้เมื่อบุคคลนั้นได้สร้างผลงานที่สร้างสรรค์ออกมาอย่างสม่ำเสมอ การฝึกให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ไม่ควรเน้นเรื่องกระบวนการคิดคล่องเพียงอย่างเดียว แต่ต้องให้นักเรียนสามารถออกแบบ หรือประดิษฐ์ผลงานออกมาได้ด้วย (สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์, 2544)

ซึ่งการออกแบบมีขั้นตอนการวิเคราะห์ในแง่การออกแบบดังนี้

- จุดประสงค์ของการออกแบบ
- โครงสร้าง
- รูปแบบจำลอง
- เหตุผล ข้อโต้แย้ง ใช้คำถามว่า ทำไม และให้เหตุผล
- พัฒนาปรับปรุงอย่างสร้างสรรค์โดยวิเคราะห์ในแง่การออกแบบ และมองเห็นจุดที่จะนำไปปรับปรุง พัฒนาอย่างสร้างสรรค์

4) การแก้ปัญหา

5) การตัดสินใจ

การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ เป็นการคิดที่มีความสัมพันธ์กันจึงนำมารวมกันไว้ด้วยกัน เพราะมีความซับซ้อนมากกว่าเกิดขึ้น ต่อยอดจากการคิดแบบอื่นที่กล่าวมาแล้ว เช่น การสร้างความเป็นไปได้ การแยกประเภทข้อมูล การเชื่อมโยงเหตุผล และการสงสรุป การคิดประเภทนี้อยู่ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการคิด และการปฏิบัติที่มีหลายขั้นตอน นอกจากนี้ยังต้องมีจิตใจอดทอนคิดให้เข้าใจอย่างถ่องแท้

6) อภิปัญญา

เป็นการไตร่ตรอง และประเมินความคิดแบบอื่น ๆ เป็นการประเมินความคิดของตนเอง สามารถกระตุ้นได้โดยใช้ประเด็นการพูดคุย การเสวนาในชั้นเรียน การตอบคำถาม เช่น ช่วยนักเรียนให้รู้จักประเภทของการคิดที่ตนใช้ในการเรียนเรื่องนั้น ๆ โดยการพัฒนาคำศัพท์ที่เข้าใจตรงกันสำหรับพูดคุยเกี่ยวกับการคิด

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่สังเคราะห์ได้จากแนวคิดต่าง ๆ

แนวคิดพื้นฐาน				**องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่สังเคราะห์ได้**
องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	Guilford	Torrance	Perkins	
คิดคล่อง	✓	✓	✓	✓
คิดยืดหยุ่น	✓	✓	✓	✓
คิดริเริ่ม	✓	✓	✓	✓
คิดละเอียดลออ	✓	✓	✓	✓
ความสม่ำเสมอ			✓	
ความสามารถในการออกแบบ/สร้างสิ่งประดิษฐ์			✓	✓

GRAD VRU

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม มีความสำคัญทำให้เกิดการค้นพบสิ่งประดิษฐ์ หรือแนวคิดทฤษฎีที่เป็นประโยชน์ที่แปลกใหม่ มีผลทำให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข ปรับตัว และสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ เกิดการพัฒนาความคิด ความฉลาด เกิดความเชื่อมั่น และทำให้สังคม วิทยาการเกิดความก้าวหน้า ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น เกิดการแข่งขันทางวิทยาการจนได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ควรมีองค์ประกอบ ด้านคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม คิดละเอียดลออ และมีความสามารถในการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์

2.6.4 การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

การวัดความคิดสร้างสรรค์แตกต่างจากการวัดสติปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือความถนัดทางการเรียน เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบที่ไม่คงที่ (Dynamic) มีองค์ประกอบย่อย ๆ การแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์มีหลายรูปแบบ เช่น การพูด การแสดงออกทางความคิด การเขียน การวาดรูป การประดิษฐ์ การแก้ปัญหา ดังนั้นการวัดความคิดสร้างสรรค์จึงจำเป็นต้องใช้วิธีที่หลากหลาย เช่น จากการสังเกตพฤติกรรมมักเรียน ทั้งแบบทางการ และไม่เป็นทางการ การใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และการตรวจสอบคุณภาพของผลงาน นักจิตวิทยาได้คิดการวัดความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่

1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ (The Torrance tests of creative thinking: TTCT) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 2 ชนิด คือ การวัดทางภาษา (Verbal) แบ่งออกเป็น 7 กิจกรรม และการวัดทางรูปภาพ (Figural) แบ่งออกเป็น 3 กิจกรรม ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน คือ การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม การคิดละเอียดลออ เน้นเฉพาะในเรื่องประสบการณ์ในห้องเรียนที่จะสนับสนุน เร้าให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ เกิดความสนุกสนาน ขจัดความกลัว สร้างความรู้สึกอบอุ่นใจ ซึ่งแบบทดสอบนี้ใช้ได้กับระดับอนุบาลถึงระดับอุดมศึกษา นักวิชาการให้ความเห็น แบบทดสอบนี้เป็นการวัดด้านการให้เหตุผล มากกว่า ความสามารถในการสร้างสรรค์ระดับอื่น ๆ เช่น ด้านดนตรี และศิลปะ

2) แบบวัดการคิดสร้างสรรค์ของวอลลาซ และโคแกน (The Wallach and Kogan creativity Test) เป็นแบบวัดการคิดทางภาษา และทางรูปภาพ มีคำถามต่าง ๆ ครอบคลุมองค์ประกอบการคิดสร้างสรรค์มากที่สุด ให้คะแนน 2 ลักษณะ คือ การคิดคล่อง (Fluency) และความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร (Uniqueness)

3) แบบทดสอบการวัดการคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด และคริสเตน เช่น (Christensen Guilford test) แบบทดสอบมีพื้นฐานมาจากแนวคิดของกิลฟอร์ด คือ ทฤษฎีโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา เพื่อวัดสมรรถภาพทางสมอง 3 มิติ คือ ด้านเนื้อหาที่คิด (Content) ด้านวิธีการคิด (Operation) และด้านผลผลิตของการคิด (Product) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 4 ชุด 11 ฉบับ แบ่งเป็นด้านภาษา 7 ฉบับ รูปภาพ 3 ฉบับ โจทย์ปัญหา 1 ฉบับ ซึ่งเหมาะกับนักเรียน ระดับมัธยมศึกษา และอุดมศึกษาได้แก่

3.1) ความสามารถในการใช้ถ้อยคำได้หลากหลาย (Word Fluency)

3.2) ความสามารถในการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลาย (Ideational Fluency)

3.3) ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ได้หลากหลาย (Associational Fluency)

3.4) ความสามารถในการแสดงออก (Expressional Fluency)

3.5) ความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย (Alternate Uses)

3.6) ความสามารถในการคิดถึงผลที่ตามมาจากเหตุการณ์ต่างๆ (Consequence)

3.7) ความสามารถในการเชื่อมโยงกับสิ่งเร้า (Possible Jobs)

3.8) ความสามารถในการประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ (Making Objects)

3.9) ความสามารถในการ ต่อเติมภาพจากส่งเร้า (Sketches)

3.10) ความสามารถในการแก้ปัญหา (Match Problem)

3.11) ความสามารถในการตกแต่ง (Decoration)

จิราภรณ์ อันทะนัย (2555) กล่าวถึง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ควรเป็นแบบอัตนัย เกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละฉบับต้องวัดองค์ประกอบเดียว หรือคะแนนแบบเดียว (Single score) หากต้องการวัดองค์ประกอบด้านอื่น ต้องสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่ และต้องมีแนวทางการให้คะแนน (Scoring guideline) โดยกำหนดแนวทางการให้คะแนนที่บรรยายถึงคุณภาพในภาพรวม (Holistic scoring) ซึ่งประยุกต์มาจากการให้คะแนนรูบริค

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ สังเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	แนวการวัด และประเมินผล	ทฤษฎีการเรียนรู้			
			STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins
1. ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	1. คิดริเริ่ม	วัด และประเมินจากความคิด ผลงานออกแบบสร้างชิ้นงานที่แปลกแตกต่าง มีความซ้ำในแบบนั้นน้อยมาก หรือไม่ซ้ำใคร		✓	✓	✓
	2. คิดคล่อง	กำหนดช่วงเวลาในการคิดการปฏิบัติ วัดจากการทำงานสำเร็จในเวลาที่กำหนด		✓	✓	✓
	3. คิดยืดหยุ่น	วัดและประเมินจากจำนวนของแนวทาง ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงาน		✓	✓	✓

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	แนวการวัด และประเมินผล	STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins
1. ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	4. คิดละเอียดลออ	วัด และประเมินความถูกต้อง ความมีเหตุผลในการเสนอความรู้ ทำให้เข้าใจได้ชัดเจนครอบคลุม		✓	✓	✓
	5. ประโยชน์ของผลงาน	วัด และประเมินด้วยการทดสอบการใช้ได้จริงจากการใช้แล้วเกิดประโยชน์จริง	✓			✓
	6. การผสมผสาน	วัด และประเมินการผสมผสานแนวคิดหลากหลายในการออกแบบ และความหลากหลายประโยชน์ของผลงาน	✓	✓	✓	✓
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์	1. ความเข้าใจ	วัด และประเมินด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์	✓			
	2. การนำไปใช้		✓			✓
	3. การวิเคราะห์		✓			✓
	4. การประเมิน		✓			

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย พบว่า การวัด และประเมินผล รูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีเกณฑ์ในการวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 6 ข้อได้แก่ คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม คิดละเอียดลออ นวัตกรรม ส่วนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทำการวัด 4 ข้อได้แก่ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมิน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล (2560) ได้ศึกษารูปแบบการพัฒนาครูฟิสิกส์มัธยมศึกษาด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการศึกษาบทเรียน ซึ่งนำรูปแบบการสอนไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก 3 ครั้ง และนักเรียนกลุ่มใหญ่ในชั้นเรียน 2 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า 1. กิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เหมาะกับบริบทการเรียนการสอนในประเทศไทย มี 2 ลักษณะ คือ 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาลักษณะอิงปัญหา เป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหาพร้อมเงื่อนไข หรือข้อจำกัด ที่นักเรียนต้องนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์ มาผสมผสานกันโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ข้อดี คือ ครูนำไปใช้สอนนักเรียนได้หลายกลุ่ม และเมื่อสอนหลายครั้งครูผู้สอนจะเกิดความชำนาญ ลดภาระการเตรียมอุปกรณ์ และเตรียมการสอน 2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาลักษณะโครงงาน มีวิธีการสำคัญ คือ สถานการณ์ต้องเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่สามารถทำสำเร็จได้จากการเลียนแบบแหล่งต่าง ๆ เป็นสิ่งที่นักเรียนต้องนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาผสมผสานกันเพื่อใช้ประกอบ วิเคราะห์ และแก้ปัญหา ต้องเป็นปัญหาที่ไม่ง่ายไม่ยาก ใช้เวลาไม่นานเกินไป งบประมาณไม่มาก และกระบวนการทำโครงงานต้องเป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2.รูปแบบการพัฒนาครูฟิสิกส์มัธยมศึกษา ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะมีคุณภาพมากขึ้นหามีวิศวกรให้คำแนะนำ หรือผู้สอนมีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์มาก่อน 3. จากการนำรูปแบบไปใช้นักเรียนทุกกลุ่มมีทัศนคติ ต่อวิชาฟิสิกส์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งสามารถบูรณาการความรู้ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหาดีขึ้น รวมทั้งมีความพึงพอใจ ต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาในระดับมาก

รักษ์ศิริ จิตอารี (2559) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ และเป็นสมรรถนะที่สำคัญยิ่ง ต่อนักเรียน จัดเป็นกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นประกอบด้วย ขั้นที่ 1 กระตุ้นด้วยปัญหา ขั้นที่ 2 ร่วมเรียนรู้ และวิเคราะห์ปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนและการดำเนินการตามแผน ประกอบด้วย 4 ขั้น 1) วางแผนแก้ปัญหา 2) ออกแบบการแก้ปัญหา 3) ปฏิบัติการแก้ปัญหา 4) สรุป และนำเสนอผลงาน ขั้นที่ 4 เชื่อมโยงความรู้ และประยุกต์ใช้ความรู้ ขั้นที่ 5 วัด และประเมินผล ผลการทดลองใช้รูปแบบ พบว่านักเรียนมีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พิจารณารายด้านด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการใช้

ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ทั้ง 3 ด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พรวัฒนา ศรีคำภา (2550) เป็นการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 โดยใช้กิจกรรมการฝึกความคิดสร้างสรรค์ตามแนวของกิลฟอร์ด 12 ครั้ง ครั้งละ 40-45 นาที และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับรูปภาพที่พัฒนามาจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

จิราภรณ์ อันทะนัย (2555) ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน ด้วยชุดการสร้างความรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่องแสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนศรีกระบวนวิทยาคม จำนวน 52 คน โดยใช้เครื่องมือ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน จากผลการวิจัยพบว่า ชุดการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีองค์ประกอบ คือ สถานการณ์ปัญหา (Problem based Learning) ขุมทรัพย์ทางความรู้ (Resources) ฐานให้ความช่วยเหลือ (Scaffolding) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (Collaboration) ผู้ฝึกสอน (Coaching) พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ และความคิดริเริ่ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่โรงเรียนกำหนด คือ ร้อยละ 70 และพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจ ด้านครูผู้สอน ด้านผู้เรียน ด้านสื่อ ด้านบรรยากาศ สิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับ 4.7

อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์ (2558) ทำการศึกษารูปแบบการพัฒนาครูมัธยมศึกษาให้มีความสามารถด้านการออกแบบบทเรียน STEM Education โดยการศึกษาบทเรียน และเครือข่ายสังคม จากผลการวิจัยพบว่า 1) ครูระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทย มีรูปแบบการจัดการการสอนสะเต็มศึกษา 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการสอนสะเต็มที่เป็นทางการ กำหนดให้มีวิชาสะเต็มในหลักสูตรการเรียน เป็นรายวิชาบังคับที่คิดหน่วยกิต ใช้รายวิชาโครงงานเป็นรายวิชาสะเต็ม และรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ไม่เป็นทางการ มี 3 ลักษณะ คือ 1. การบูรณาการสะเต็มศึกษาในรายวิชาที่ตนเองสอน โดยผู้สอนสอนเองคนเดียว 2. การบูรณาการสะเต็มศึกษาข้ามสาขาวิชา ในลักษณะการจัดกิจกรรมวิชาการ หรือชุมนุม เป็นวิชาเลือกให้นักเรียนที่สนใจ 2) รูปแบบการพัฒนาครูมัธยมศึกษาให้มีความสามารถในการออกแบบบทเรียน STEM Education ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 2)ขั้นการศึกษาเรียนรู้ เข้าใจ STEM Education 3) ขั้นกำหนดลักษณะบทเรียน 4) ขั้นการได้บทเรียน 5) ขั้นตรวจสอบบทเรียน 6) ขั้นทดลองใช้บทเรียน (ครั้งที่ 1) 7) ขั้นปรับปรุงบทเรียน 8) ขั้นทดลองใช้บทเรียน (ครั้งที่ 2) 9) ขั้นปรับปรุงบทเรียน 10) ขั้นได้บทเรียนที่มีความสมบูรณ์ ผลการสำรวจความพึงพอใจของครู ต่อรูปแบบการพัฒนาครูฯ มีค่าเฉลี่ย 4.64 ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานโดยรวม 0.39 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน ต่อบทเรียนที่ครูออกแบบ ความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.40 อยู่ในเกณฑ์ ดี

ภัสสร ติดมา (2558) ทำการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น คือ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ และนักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ คือ สามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล จิตนาการร่างแบบจำลองอวัยวะ วางแผนการทำงาน ชิ้นวัสดุสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยคำนึงถึงราคา คุณสมบัติของวัสดุสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองอวัยวะให้สมบูรณ์ขึ้นได้ ดังนั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มากขึ้นได้

น้ำเพชร กะการดี (2560) ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ราวรรณ์ ทิลานันท์ (2558) ทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีผล ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 33.37 คะแนน ด้านความคิดคล่องมีคะแนนเฉลี่ย 13.77 คะแนน ด้านความคิดยืดหยุ่นมีคะแนนเฉลี่ย 10.77 คะแนน และด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ย 9.23 คะแนน

นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มฯ มีลักษณะดังนี้ คือ ขั้นยืนยันปัญหาควรยกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงาน และพลังงาน และสามารถบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาได้ อีกทั้งมุ่งเน้นให้

นักเรียนอภิปรายกลุ่ม และการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ขั้นชี้แจ้งปัญหาควรใช้คำถาม ต่อเนื่องจากขั้นก่อนหน้าประกอบกับเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายสาเหตุผ่านการอภิปรายกลุ่ม และอภิปรายหน้าชั้นเรียน นอกจากนี้ นักเรียนต้องได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ขั้นวางแผน และขั้นวางแผนการสำรอง ผู้สอนควรแสดงอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย แต่ต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพื่อลดปัญหาการลองผิดลองถูก อีกทั้งตรวจสอบการวางแผนของนักเรียนว่าใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ ขั้นปรับโครงสร้าง นักเรียนต้องลงมือสร้างแบบจำลองตามที่วางแผนไว้ด้วยตนเอง ในชั้นประเมินผู้สอน และนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องได้นำเสนอผลงานของตนเอง เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม โดยนักเรียนสามารถแสดงออกได้มากตลอดการจัดการเรียนรู้

อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง และทัศนอุปกรณ์ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนเรียนทำให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณาณอย่างน้อย 4 ใน 6 ทักษะ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความพึงพอใจโดยรวม ต่อการจัดการเรียนในระดับมาก

ชัยพร มิตรพิทักษ์ (2559) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติ ต่อสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) เรื่องสมบัติของธาตุ และสารประกอบ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติ ต่อสะเต็มของนักเรียน ร้อยละ 82 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม นอกจากนั้นนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ และคะแนนเจตคติ ต่อสะเต็มภายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 การจัดกิจกรรม STEM เริ่มด้วยการให้ความรู้แก่ผู้เรียนผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จนผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง หลังจากนั้นครูสร้างสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนทำการแก้ปัญหา และสร้างนวัตกรรมชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จากการบูรณาการความรู้ STEM

ปิยวรรณ มัธยมนันทน์ (2558) ศึกษาการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสภาพสมดุล โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.65 อยู่ในระดับปานกลาง และ

นักเรียนมีความพึงพอใจ ต่อชุดกิจกรรมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพิ่มความก้าวหน้าทางการเรียนเรื่อง สภาพสมดุล

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2561) ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและด้านความคิดริเริ่ม

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มี ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา เพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนสำหรับเข้าทำในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผน และดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผน จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่านักเรียนในระดับเดียวกัน

Corbett (2013) ได้นำเสนอการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ STEM EDA (STEM Explore, Discover, Apply) ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม สำหรับนักเรียนที่เรียน STEM ใน Middle School โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนในระดับ Grade 6 (Explore), Grade 7 (Discover), Grade 8 (Apply) ซึ่งใช้เวลาในการเรียนเรื่องละ 3 สัปดาห์ พบว่า การใช้ Engineering Design Process โดยใช้ STEM EDA ทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

Tseng (2013) ได้ศึกษาเจตคติ การบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเจตคติ

ก่อน และหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM โดยใช้แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ กับผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติ ต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ทางด้าน STEM ซึ่งเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ แสดงให้เห็นถึงการอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผล ต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM

Burrows, Breiner, Keiner, and Behm (2014) ได้ศึกษากรอบแนวคิดหลักในการบูรณาการระหว่าง 2 รายวิชา คือ ชีววิทยา และเคมีในหัวข้อเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา งานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยครูจากสองวิชาได้ดำเนินการสร้างบทเรียนไบโอดีเซลโดยบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยา (เน้นไปที่ชีวเคมีสาหร่าย) และวิชาเคมี (เน้นไปที่ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification)) และทำการวัดทักษะ และเจตคติ ต่อวิชา STEM (วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์) จากการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะในวิชา STEM และเจตคติที่ดีขึ้น โดยพิจารณาจากการตอบคำถามของนักเรียนในห้องเรียน แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครู และผลงานของ นักเรียนในกิจกรรมการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาการระหว่างสาขาวิชา มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และแนวทางการประเมินผลการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ใช้การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง เช่น การสังเกตการสัมภาษณ์ และสามารถกล่าวได้ว่านักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลการเรียน และเจตคติ ต่อการเรียนดีขึ้น ดังนั้นควรสนับสนุนให้ผู้เรียนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ต่อไป

Dillivan and Dillivan (2014) ได้ศึกษาผลจากการเข้าค่ายภาคฤดูร้อน ต่อความสนใจใน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ซึ่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษามัธยมศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามนักเรียน แบบสอบถามพ่อแม่ และผู้ปกครอง จากผลการวิจัยพบว่า การเข้าร่วมค่ายภาคฤดูร้อนมีผลต่อความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ ผลการเรียน การเลือกวิชาเอกวิทยาลัย และการประกอบอาชีพในอนาคตของนักเรียน ผลการสอบถามแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมกิจกรรมมี ทัศนคติ ในเชิงบวก ต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์รวมทั้งพบว่า ค่ายสะเต็มศึกษา สามารถเพิ่มเจตคติ และกระตุนความสนใจในสายวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

Sahin, Ayar, and Adiguzel (2014) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษา ต่อการจัดหลักสูตรสำหรับเด็กหลังหลังเลิกเรียน และศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยทำการศึกษากับนักเรียนในเขตตะวันออกเฉียงใต้ ของสหรัฐอเมริกา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ เพื่อทำความเข้าใจมุมมองของนักเรียน และความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาและวิถีการเรียนรู้ ของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรม การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยการสังเกตอย่างเป็นทางการ การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และการจดบันทึกข้อมูล จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษา มีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้การทำงานร่วมกัน และการสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

Quang et al. (2015) ได้ศึกษาการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิค ของนักเรียนในโรงเรียน ของเวียดนาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสะเต็มศึกษา 2) ศึกษา กิจกรรมสะเต็มศึกษากับความคิดสร้างสรรค์ และการเสริมสร้างประสบการณ์ 3) แนะนำการประยุกต์ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคสำหรับนกเรียนในระดับมัธยมศึกษา การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การบูรณาการการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา และนำไปใช้กับการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในประเทศเวียดนาม ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 2015 ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคสาหรับนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาของ เวียดนาม ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ และเห็นประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม และแนวทาง การบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคมีความเป็นไปได้ และมีความสอดคล้องก้นกับการพัฒนาความสามารถของนักเรียน

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าการสอนเป็นการแบบบูรณาการระหว่างสาขาวิชา และมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น การผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล การประดิษฐ์ของเล่น และจากการศึกษาแนวทางการประเมิน พบว่าใช้การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ และกล่าวได้ว่า นักเรียนที่เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา และเจตคติ ต่อการเรียนดีขึ้น จึงควรสนับสนุนให้ผู้สอนนำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า

1) การจัดการสอนผ่านกิจกรรมการฝึกความคิดสร้างสรรค์ตามแนวของกิลฟอร์ด คอนสตรัคติวิสต์ และสะเต็มศึกษามีผล ต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับประเทศไทย 2 ลักษณะ คือ 1) กิจกรรมที่อิงปัญหา สถานการณ์ปัญหา พร้อมกำหนดเงื่อนไขให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 2) กิจกรรมในลักษณะโครงงาน

3) ครูมีความสามารถในการออกแบบบทเรียน STEM Education 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบที่เป็นทางการมีในหลักสูตร เป็นวิชาบังคับและคิดหน่วยกิจ 2) รูปแบบที่ไม่เป็นทางการ ซึ่งครูควรสร้างสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และสนับสนุนให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จากการบูรณาการสะเต็มศึกษา

4) ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจะมีความกระตือรือร้น มีความพึงพอใจในการทำกิจกรรม ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์เพิ่มขึ้น มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยี และวิศวกรรมนำมาใช้แก้ปัญหา มีความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดเป็นระบบ มีศักยภาพในการทำงานร่วมกัน และมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ได้ดีขึ้น ทั้งยังมีเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เห็นประโยชน์และความสำคัญของวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมมากขึ้น

GRAD VRU

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (The Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ซึ่งเน้นกระบวนการที่ศึกษาค้นคว้า คิดค้นอย่างเป็นระบบและน่าเชื่อถือโดยมีเป้าหมายในการพัฒนาผลผลิต เทคโนโลยี สิ่งประดิษฐ์ สื่อ อุปกรณ์ หลังการทดลอง โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ระยะ ได้แก่

3.1 การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาพที่ 3.1 แสดงกรอบแนวคิดการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สำหรับรายละเอียดใดการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน มีขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 ดังนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) จากเอกสาร ต่อไปนี้

1) วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541)

2) Bednaret (1995 อ้างอิงใน อนุชา โสมาบุตร, 2556)

3) จอยล์ และคนอื่น ๆ (Joyce, et al., 1992 อ้างอิงใน วรรณพร ยิ้มงาม, 2551)

3.1.1.2 แนวคิดสะเต็มศึกษา จากเอกสาร ต่อไปนี้

1) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

2) พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3) จำรัส อินทลาภาพรม (2558) ศึกษาแนวคิด และทฤษฎี เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา

3.1.1.3 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทักษะความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

1) ทฤษฎีการสร้างเชาวน์ปัญญาของ Guilford จากเอกสาร Guilford (1967 อ้างอิงใน จารุณี ซามาตย์, 2552)

2) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance จากเอกสาร Torrance (อ้างอิงใน ประนอม มณีวงษ์, 2537)

3) การคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ของเดวิด เพอร์กินส์ จากเอกสารประพันธ์ศิริ สุเสารัจ การพัฒนาการคิด (ฉบับปรับปรุงใหม่) 2556 และ สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2544) เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

3.1.1.4 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จากเอกสาร

1) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546ค) หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

2) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) จากเอกสาร

- กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2546

- กรมวิชาการ (2546 อ้างถึงใน จาตุรนต์ ชุติธรพงษ์, 2553)

3) ทฤษฎีการเรียนรู้ ที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จากเอกสารดัง ต่อไปนี้

-สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (2546) แนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3.1.2 ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

3.1.2.1 แหล่งข้อมูล

1) ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ เป็นผู้มีประสบการณ์การสอน และมีผลงานการสอนระดับประเทศ

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา วิทยากรการอบรมสะเต็มศึกษา และผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.)

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม จากอาจารย์มหาวิทยาลัยผู้สอนความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

3.1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง 3 ชุดดังนี้

1) แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์

2) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนสะเต็มศึกษา

3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

3.1.2.3 การสร้างแบบสอบถาม

1) แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์

- ศึกษาข้อมูลด้านการสอนฟิสิกส์จากงานวิจัยของ อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์ (2558) กาญจนา จันทร์ประเสริฐ (2554) รักษ์ศิริ จิตอารี (2559)

- กำหนดโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์

ประกอบด้วยคำถามตามประเด็นหลักดังนี้ ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์ การสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนากระบวนการความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม สภาพปัญหาจากการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ สภาพปัญหาจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และกำหนดโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์

ประกอบด้วยคำถามประเด็นย่อยดังนี้ จุดเด่น จุดด้อยของการจัดกิจกรรม แนวทางการจัดกิจกรรม เนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรม แนวทางในการนำกระบวนการทางเทคโนโลยี และ

GRAD VRU

กระบวนการทางวิศวกรรมมาใช้ในกิจกรรม การจัดบรรยากาศการเรียน การเตรียมการสอนของครู พื้นฐานของนักเรียน แหล่งเรียนรู้ ตัวชี้วัดความสำเร็จในการออกแบบกิจกรรม

- สร้างคำถามแบบสัมภาษณ์ตามโครงสร้างที่กำหนด
- นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มนักการศึกษาเพื่อพิจารณาการสื่อความหมาย ที่ชัดเจนของคำถาม จำนวน 10 คน
- ดำเนินการแก้ไขแบบสัมภาษณ์ และพิมพ์แบบสัมภาษณ์
- นำแบบสัมภาษณ์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และความสอดคล้องของเครื่องมือ โดยอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

2) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนสะเต็มศึกษา

- ศึกษาจากงานวิจัยด้านสะเต็มศึกษา ชัยพร มิตรพิทักษ์ (2559) ปิยวรรณ มัธยมมนันทน์ (2558) ภัสสร ติดมา (2558) น้ำเพชร กะการดี (2560) ราวรรณ์ ทิลานันท์ (2558) นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2561); Scortt (2012) Corbett (2013) Tseng (2013) Burrow, Breiner, Keiner, and Behm (2014) Dillivan and Dillivan (2014) Sahin, Ayar, and Adiguzel (2014) Quan et al. (2015)
- กำหนดโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์

ประกอบด้วยคำถามตามประเด็นหลักดังนี้ องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนการสอนอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา องค์ประกอบที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม การนำแนวคิดสะเต็มมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ แนวทางในการนำกระบวนการ และขั้นตอนของกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ปัจจัยที่มีผล ต่อการความสำเร็จในการจัดการสอนอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ประกอบด้วยคำถามประเด็นย่อยดังนี้ การเตรียมการสอนของครู พื้นฐานของนักเรียน แหล่งเรียนรู้ ตัวชี้วัดความสำเร็จความสำเร็จในการออกแบบการจัดกิจกรรม ผลการจัดการเรียนการสอนอิงแนวคิดสะเต็มที่ส่งผล ต่อความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม แนวการประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เนื้อหาที่เหมาะสม ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

- สร้างคำถามแบบสัมภาษณ์ตามโครงสร้างที่กำหนด
- นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มนักการศึกษาเพื่อพิจารณาการสื่อความหมายที่ชัดเจนของคำถาม จำนวน 10 คน
- ดำเนินการแก้ไขแบบสัมภาษณ์ และพิมพ์แบบสัมภาษณ์

GRAD VRU

- นำแบบสัมภาษณ์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องของเครื่องมือ โดยอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

- ศึกษาข้อมูลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจากงานวิจัยของจิราภรณ์ อันทะนัย (2555) ภัสสร ติดมา (2558)

- กำหนดโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์

ประกอบด้วยคำถามประเด็นหลักดังนี้ แนวทางการประเมินผล ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ปัจจัยที่มีผล ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม จุดเด่น จุดด้อยของหลักสูตรฟิสิกส์ ที่มีผล ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และ การปรับปรุงจุดด้อย

คำถามประเด็นย่อยดังนี้ จุดเด่นการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็ม ที่มีผล ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม สภาพปัญหาจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

- สร้างคำถามแบบสัมภาษณ์ตามโครงสร้างที่กำหนด

- นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มนักการศึกษาเพื่อพิจารณาการสื่อความหมาย ที่ชัดเจนของคำถาม จำนวน 10 คน

- ดำเนินการแก้ไขแบบสัมภาษณ์ และพิมพ์แบบสัมภาษณ์

-นำแบบสัมภาษณ์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องของเครื่องมือ โดยอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

3.1.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสัมภาษณ์

1) ผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้ มีผลงานวิจัย และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสอนฟิสิกส์ สะเต็มศึกษา และความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมโดยประสานงานเพื่อขอให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ตำแหน่งเชี่ยวชาญพิเศษที่มีผลงานด้านการสอนด้านสะเต็มศึกษามีผลงานระดับประเทศ จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 3 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจำนวน 2 ท่าน (รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อสรุป และยืนยันความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

2) ผู้วิจัยได้ดำเนินการนัดหมายผู้เชี่ยวชาญ กำหนดวัน และสถานที่ เพื่อดำเนินการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยสัมภาษณ์เอง การสัมภาษณ์เป็นไปตามโครงสร้างแต่การตั้งคำถามอาจไม่เรียงลำดับ ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์จนครบถ้วนตามประเด็นหลัก

3) บันทึกข้อมูลโดยการจดบันทึกประเด็นสำคัญ และบันทึกเสียงด้วยเครื่องมือ

4)ผู้วิจัยจำแนกข้อมูลการสัมภาษณ์ตามประเด็น และตรวจสอบสาระสำคัญของข้อมูลพบว่า มีประเด็นด้านการสอนแบบสะเต็มที่ยังไม่เพียงพอ จึงสัมภาษณ์เพิ่มเติมด้วยวิธีการสัมภาษณ์ ทางโทรศัพท์

5) วิจัยจำแนกข้อมูลการสัมภาษณ์ตามประเด็น และตรวจสอบสาระสำคัญของข้อมูล พบว่าข้อมูลการสอนแบบสะเต็มที่ยังไม่เพียงพอ จึงขอสัมภาษณ์เพิ่มเติมทางโทรศัพท์

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) จำแนกข้อมูลจากการสัมภาษณ์ตามประเด็นหลักแต่ละประเด็น มีทั้งข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์ ครูฟิสิกส์ และจากผู้ให้ข้อมูลหลายคน เพื่อตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Data Triangulation) เป็นการตรวจสอบข้อมูลสามเส้าจากบุคคลที่ให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน

2) ถอดเทปข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์อย่างละเอียด ชนิดคำ ต่อคำ (Transcribing Interview)

3) การจัดเตรียมข้อมูล (Data Management) โดยการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ (Notetaking) ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูล

4) การให้รหัส (Coding) จัดหมวดหมู่ข้อมูล (Categoring) เป็นเพื่อจัดหมวดหมู่ข้อมูลโดยดัชนีข้อมูลเป็นประโยค (Sentences) และแนวคิด (Concept)

5) อ่านข้อความสัมภาษณ์ และเพื่อสร้างข้อสรุปย่อยตามประเด็นหลัก และประเด็นย่อย ทำข้อสรุปชั่วคราว และการตัดทอนข้อมูล (Memoing Data Reduction)

6) เสนอข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ เป็นการนำข้อสรุปย่อย ๆ มาเชื่อมโยงกัน เพื่อหาข้อสรุปซึ่งจะตอบปัญหาการวิจัย

3.1.4 การสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของรูปแบบการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี งานวิจัยที่ที่เกี่ยวข้องกับ ได้แก่ ทฤษฎีเรียนรู้ คอนสตรัคติวิส, ทฤษฎีการสร้างเชาวน์ปัญญาของ Guilford, ความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance แนวคิดการคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ของเดวิด เพอร์กินส์ (David Perkins) กระบวนสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) หลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2) วิเคราะห์ขั้นตอนการสอนสำคัญของสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.) วิเคราะห์แต่ละขั้นตอน พิจารณาร่วมกับแนวคิดประดิษฐ์ แนวคิดความคิดสร้างสรรค์ แนวคิดการสร้างเชาว์ปัญญา และแนวคิดสำคัญที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

3) สังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

4) กำหนดขั้นตอนหลักของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาบนพื้นฐานของแนวคิดสะเต็มศึกษา และข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูฟิสิกส์และผู้เชี่ยวชาญได้ขั้นตอน 7 ขั้น ดังนี้

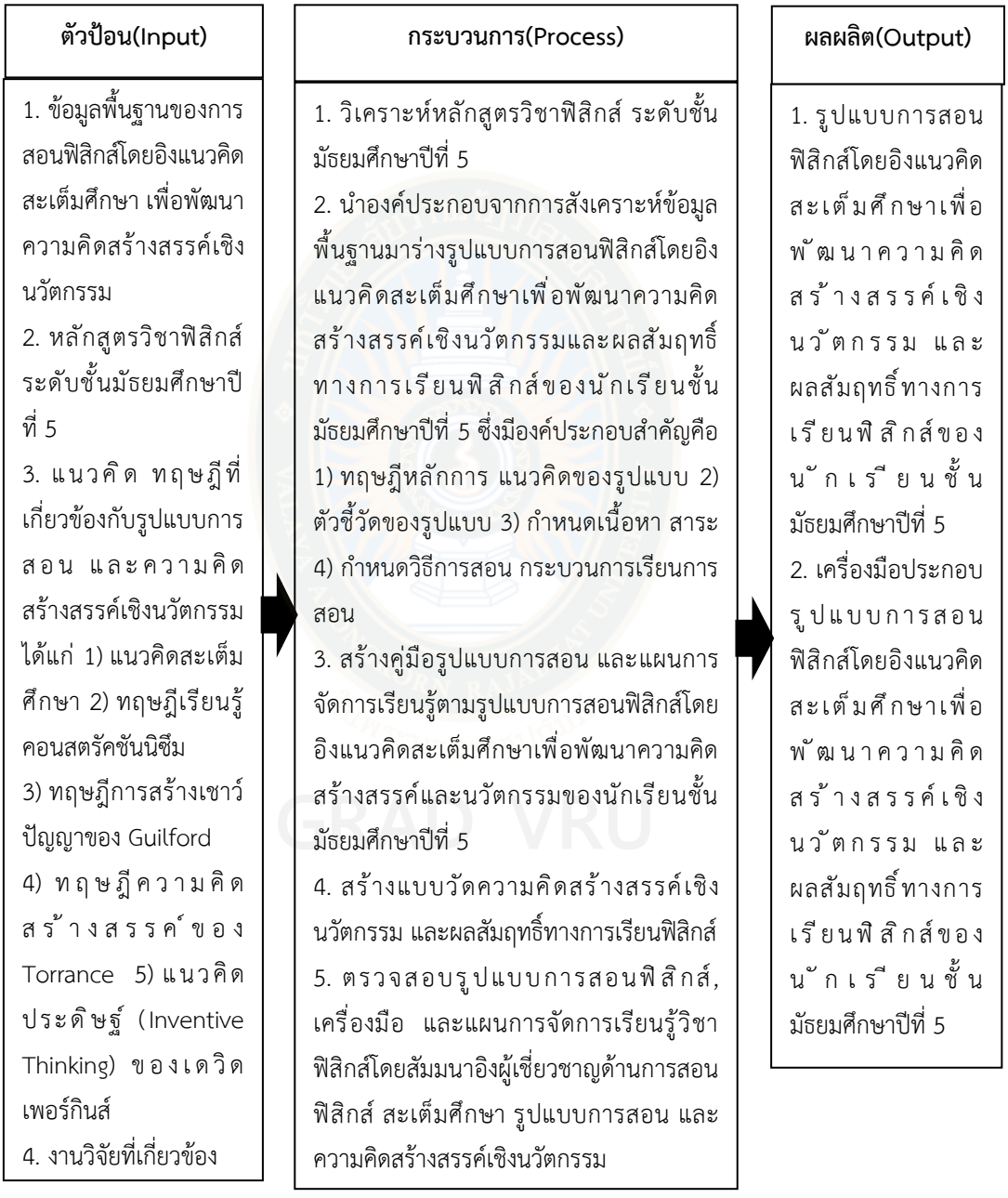
- ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา
- ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงาน
- ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน
- ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุง
- ขั้นนำเสนอผลงาน
- ขั้นสรุป และประยุกต์

5) ตรวจสอบยืนยันองค์ประกอบของขั้นตอนการจัดการสอนฟิสิกส์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน โดยทำการประเมินความเหมาะสมสอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งใช้เกณฑ์พิจารณาความถูกต้อง และเหมาะสมสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เทียบกับแนวคิดหลักที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูล โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติ คือ มีตำแหน่งทางวิชาการระดับผู้เชี่ยวชาญ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ศึกษานิเทศ อุปนายกสมาคมพัฒนาวิชาชีพครูแห่งประเทศไทย และผู้สอนสาขาหลักสูตร และการสอนจากสถาบันอุดมศึกษา ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 10 ปี

6) ปรับปรุงแก้ไของค์ประกอบการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

GRAD VRU

3.2 ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบ และสร้างเครื่องมือวิจัยการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



ภาพที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ในการวิจัยระยะนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.1 กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกำหนดได้ 8 องค์ประกอบ ดังนี้

1) หลักการของรูปแบบการสอน
2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนฟิสิกส์
3) สาระ เนื้อหา
4) กระบวนการสอน
5) หลักการตอบสนอง
6) ระบบสังคม
7) ระบบสนับสนุน
8) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

3.2.2 การร่างองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5

3.2.2.1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ หลักการของรูปแบบการสอนจากแนวคิด ทฤษฎีของ STEM Education, Guilford, Torrance, Perkins, กระบวนการสืบเสาะโดยสังเคราะห์องค์ประกอบจากเอกสาร งานวิจัย และบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ จนได้องค์ประกอบด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และองค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จนได้หลักการของรูปแบบการสอนฯ ได้ 4 หลักการ ดังนี้

1) การจัดการเรียนการสอนบูรณาการ 4 ศาสตร์
2) นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในกระบวนการเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยี
3) หลักการความคิดสร้างสรรค์
4) นักเรียนเรียนทำกิจกรรมวิชาฟิสิกส์ผ่านกระบวนการได้คิดประดิษฐ์ คิดออกแบบ ดังภาคผนวก ค

3.2.2.2 วิเคราะห์และสังเคราะห์ กระบวนการสอน จากแนวคิดพื้นฐานของสะเต็มศึกษา การสร้างเชาว์ปัญญาของ Guilford ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance แนวคิดประดิษฐ์ของ David Perkins และกระบวนการสืบเสาะ (5E) ดังภาคผนวก ง

3.2.2.3 วิเคราะห์ และสังเคราะห์ ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน จากแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของ Guilford, Torrance และ Perkins ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมได้ 5 ด้านคือ 1) คิดริเริ่ม 2) คิดคล่อง 3) คิดยืดหยุ่น 4) คิดละเอียดลออ และ 5)

ประโยชน์ของผลงาน โดย 4 ด้านมาจากแนวคิดของ Guilford, Torrance และด้านที่ 5 จากแนวคิดของ Perkins และด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีองค์ประกอบ 5 ข้อคือ 1) ความเข้าใจ 2) การนำไปใช้ 3) การวิเคราะห์ 4) การประเมิน 5) สร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการ กำหนดกรอบของเครื่องมือวัดซึ่งประกอบด้วยคำอธิบายลักษณะสำคัญขององค์ประกอบของรูปแบบการสอน และแนวทางการวัดประเมินแต่ละด้าน ดังภาคผนวก ฉ

3.2.2.4 วิเคราะห์และสังเคราะห์หลักการตอบสนอง จากเอกสาร งานวิจัย และบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ และพิจารณาจากหลักการตอบสนองของ สะเต็มศึกษา คือครูผู้สอน สอนตามรูปแบบยึดหลักการตอบสนองโดยการควบคุมให้กระบวนการเรียนแบบ สะเต็มศึกษา

3.2.2.5วิเคราะห์และสังเคราะห์ ระบบสังคม จากเอกสาร งานวิจัย และบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญได้ ทำให้ได้บทบาทครูผู้สอน บทบาทนักเรียน โดยพิจารณาจาก ระบบสังคม สะเต็มศึกษาและกระบวนการสืบเสาะ (5E) คือเน้นการมีส่วนร่วมโดยอาศัยกระบวนการกลุ่ม สร้างแรงจูงใจนักเรียนสามารถสร้างความรู้ และนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง ดังภาคผนวก จ

3.2.2.6วิเคราะห์และสังเคราะห์ระบบสนับสนุน จากเอกสาร งานวิจัย และบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาจากระบบสนับสนุนของสะเต็มศึกษาและเนื้อหาสาระวิชาฟิสิกส์ คือ 1. จัดบรรยากาศที่ท้าทายมีทางเลือก 2. สนับสนุนสื่อ แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

3.2.2.7 สังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ ดังตารางสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.2.3 ตรวจสอบ ความเหมาะสม และความสอดคล้องขององค์ประกอบรูปแบบฯ และขั้นตอนกระบวนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มโดยผู้ให้ข้อมูล และผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.1 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบยืนยัน องค์ประกอบของรูปแบบฯ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ศึกษานิเทศก์ วิทยากรด้านสะเต็มจากสมาคมพัฒนาวิชาชีพครูแห่งประเทศไทย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน และผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินค่าดัชนีความเหมาะสม ความสอดคล้ององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

3.2.3.2 ปรับปรุง ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน กระบวนการระบบสังคม ระบบสนับสนุน บทบาทผู้สอน บทบาทนักเรียน และผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ดังนี้

1) ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน

- ทฤษฎีคอนสตรัคติวิส์ ขั้นตอนการสอนได้ขยายความให้ชัดเจนมากขึ้น

- ปรับทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ (Guilford) ให้มีความกระชับมากขึ้น

- แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ให้มีความน่าเชื่อถือ ได้เพิ่มการอ้างอิง

- ปรับเป็นหลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางทางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2) ด้านกระบวนการ

- ขั้นปรับพื้นฐาน ปรับเป็นขั้นที่ 2 ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ และกิจกรรม

- ขั้นการประเมินเช็ค และปรับปรุง ปรับใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรม

- ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม

- ขั้นการนำเสนอปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม

- ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม

- ปรับกระบวนการเป็นวงจรย้อนกลับไปมาได้

- การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ ปรับเป็นกระบวนการสืบเสาะ (5E)

3) ระบบสังคม เพิ่มการเชื่อมโยง STEM CARREER ในบทบาทสมมุติกับสถานการณ์จำลองให้เด็กได้ทำกิจกรรม

4) ระบบสนับสนุน แก้ไขการจัดบรรยากาศ ให้เห็นแนวทาง และตัวอย่างในการสร้างนวัตกรรม

5) บทบาทผู้สอน ดำเนินปรับใส่ตารางแบบรูบิคเพื่อให้เข้าใจง่าย

6) ผลที่เกิดกับนักเรียน ดำเนินการเพิ่มพฤติกรรมที่แสดงตามองค์ประกอบตัวชี้วัด

3.2.4 สร้างคู่มือรูปแบบ ซึ่งเป็นเอกสารที่ครูผู้สอนตามรูปแบบสามารถศึกษาแล้วเกิดความเข้าใจชัดเจน สามารถนำไปใช้สอนได้ ประกอบด้วยคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบ หลักการของรูปแบบ วัตถุประสงค์ สาระเนื้อหา กระบวนการสอน หลักการตอบสนอง ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ดำเนินการสร้างดังนี้

3.2.4.1 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการสอน ตามรูปแบบกิจกรรมที่วางไว้ ได้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวนทั้งสิ้น 36 คาบ แบ่งเป็นเรื่องการเกิดคลื่น จำนวน 9 คาบ เรื่องสมบัติการสะท้อนของคลื่น จำนวน 9 คาบ เรื่องสมบัติการหักเหของคลื่น 9 จำนวนคาบ และเรื่องสมบัติการแทรกสอดของคลื่น จำนวน 9 คาบ โดยใช้เวลาคาบเรียนละ 50 นาที

GRAD VRU

3.2.4.2 ออกแบบสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เป็นแบบข้อเขียนสะท้อนความคิด และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในด้านความคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และชิ้นงาน ได้แก่ ใบกิจกรรมประเมินพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม อย่างต่อเนื่องจำนวน 4 ฉบับ และแบบทดสอบจำนวน 4 ฉบับ ได้แก่ 1) เรื่องการเกิดคลื่น 2) เรื่องสมบัติการสะท้อนของคลื่น 3) เรื่องสมบัติการหักเหของคลื่น 4) เรื่องการแทรกสอดของคลื่น โดยมีรายละเอียดของการสร้าง และพัฒนาแบบทดสอบดังนี้

- การศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
- สร้างแบบประเมิน Scoring Rubric ประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และกำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละความสามารถ
- สร้างแบบประเมินพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เป็นแบบอัตนัยแบบปลายเปิด และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เป็นข้อสอบอัตนัยแบบปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ

3.2.4.3 ออกแบบสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบอิงเกณฑ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ และศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์

2) วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหา เป็นแบบชนิดตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 58 ข้อ

3.2.5 การตรวจสอบรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.2.5.1 ตรวจสอบรูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนฟิสิกส์ ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และด้านการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน ตามรายชื่อในภาคผนวก ช เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบตามรายละเอียดของแบบประเมินในภาคผนวก ก่อนนำไปทดลองใช้ โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ตามหลักของลิเคิร์ท ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึงเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

1) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าความเหมาะสมสอดคล้องของรูปแบบการสอน และได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินจากค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเทียบกับเกณฑ์ไว้ดังนี้ (ประคอง กรรณสูตร, 2542)

ช่วงคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างมาก

ช่วงคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างน้อย

ช่วงคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้คือ ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่ารูปแบบมีความเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบพบว่าทุกข้อรายการมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมากกว่า 3.51 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1.00 ทุกข้อ ซึ่งมีระดับคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2) แก้ไขข้อบกพร่องของรูปแบบการสอนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้มีความชัดเจน และเหมาะสมยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของการปรับปรุงรูปแบบการสอนเบื้องต้น แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 1) ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ ในขั้นตอนการสอนควรขยายความให้มากขึ้น 2) ทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ (Guilford) กล่าวว่าอย่างไร 3) แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ให้อ้างอิง ที่มาด้วย	1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิส์ ขั้นตอนการสอนได้ขยายความให้ชัดเจนมากขึ้น 2) ปรับทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ (Guilford) ให้มีความกระชับมากขึ้น 3) แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ให้มีความน่าเชื่อถือ จึงได้เพิ่มการอ้างอิง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 4) หลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการปรับปรุง ควรใช้หลักสูตรที่ปรับปรุง	1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 4) ปรับเป็นหลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางทางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
2. ด้านกระบวนการ 1) ขั้นปรับพื้นฐาน ควรปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม และเปลี่ยนคำจำกัดความใหม่ให้ตรงกับตารางวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ 2) ขั้นการประเมินเช็ค และปรับปรุง ควรปรับใหม่ยังไม่เหมาะสม 3) ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ ควรปรับคำจำกัดความใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรม 4) ขั้นการนำเสนอ ควรปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม	2. ด้านกระบวนการ 1) ขั้นปรับพื้นฐาน ปรับเป็นขั้นที่ 2 ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ และกิจกรรม 2) ขั้นการประเมินเช็ค และปรับปรุง ปรับใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรม 3) ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 4) ขั้นการนำเสนอปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม
5) ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ให้ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรมมากขึ้น 6) กระบวนการไม่ควรเป็นเส้นตรง ควรมีวงจรย้อนกลับไปมาได้ 7) การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ขั้นตอนการสอนปรับคำว่า วัฏจักรการสืบเสาะ (5E)	5) ขั้นสรุป และนำความรู้ไปใช้ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 6) ปรับกระบวนการเป็นวงจรย้อนกลับไปมาได้ 7) การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ ปรับเป็นกระบวนการสืบเสาะ 5E
3. ระบบสังคม ควรมีการเชื่อมโยงให้ถึงระดับ STEM CARREER	3. ระบบสังคม เชื่อมโยง STEM CARREER ในบทบาทสมมุติกับสถานการณจำลองในกิจกรรม
4. ระบบสนับสนุน ควรเพิ่มสถานะครู ให้มีสถานะผู้นำด้านนวัตกรรม และเป็นตัวอย่างที่ดีของนักเรียน	4. ระบบสนับสนุน จัดบรรยากาศให้เห็นแนวทาง และตัวอย่างในการสร้างนวัตกรรม

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
5. บทบาทผู้สอน ควรปรับให้เป็นตารางเพื่อให้เข้าใจง่าย	5. บทบาทผู้สอน ปรับใส่ตารางแบบรูบิคเพื่อให้เข้าใจง่าย
6. ผลที่เกิดกับนักเรียน ควรเพิ่มพฤติกรรมที่แสดงออกถึงองค์ประกอบ	6. ผลที่เกิดกับนักเรียน เพิ่มพฤติกรรมที่แสดงตามองค์ประกอบตัวชี้วัด

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ ที่กำหนดเบื้องต้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนที่จะนำไปสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อทดลองใช้ ได้รูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ด้วยองค์ประกอบ 7 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นระบุปัญหา ครูจะเป็นผู้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยสถานการณ์ปัญหาที่ใช้มีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ เป็นสถานการณ์ที่มีการบูรณาการเนื้อหา เป็นปัญหาใกล้ตัวของนักเรียน สอดคล้องกับความเป็นจริง เหมาะสมกับวัย ส่งเสริมการสำรวจ ตัดสินใจ ตลอดจนเป็นสถานการณ์ที่ท้าทายให้คิด และหาคำตอบได้หลายวิธี สอดคล้องกับความเป็นจริงแลพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน ท้าทาย ไม่ง่าย หรือยากจนเกินไป ครูต้องสร้างแรงจูงใจให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์กับครู และเพื่อน ๆ ด้วยการให้ความเชื่อถือท้าทายด้วยคำถามและการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น

2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนร่วมกันระดมความคิดจากการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมให้ และ จากสื่อออนไลน์ โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูล และแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และแปลกใหม่

3) ขั้นการออกแบบและวางแผนการทำงาน ครูกำหนดเงื่อนไขในการสร้าง และอุปกรณ์ที่ให้ และให้นักเรียนออกแบบ วางแผนการทานที่หลากหลาย โดยนักเรียนเลือกวิธีที่ดีที่สุด และวิธีสำรอง

4) ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน นักเรียนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานตามแผนงานที่วางไว้

5) ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุง นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงาน และปรับปรุงชิ้นงาน จนสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขภายใต้เวลาที่กำหนด

6) ขั้นนำเสนอผลงาน นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้น จากข้อมูลที่ได้ แนวคิดในการสร้างชิ้นงาน ปัญหาที่เกิดจากการสร้างชิ้นงาน การปรับปรุงชิ้นงาน

7) ขั้นสรุป และประยุกต์ นักเรียนนำเสนอความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

3.2.5.2 ตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และด้านการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน ตามรายชื่อในภาคผนวก ซ ตรวจสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ของกิจกรรม ความสอดคล้องกับรูปแบบ และคุณลักษณะ หรือพฤติกรรมที่วางไว้ เพื่อให้ข้อเสนอแนะ และนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ตามหลักของลิเคิร์ท ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

1) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ และได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินจากค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเทียบกับเกณฑ์ไว้ดังนี้ (ประคอง กรรณสูตร, 2542)

ช่วงคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างมาก

ช่วงคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างน้อย

ช่วงคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้คือ ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่ารูปแบบมีความเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) ผลการตรวจสอบความเหมาะสมค่าเฉลี่ย 4.8 และมีค่าเฉลี่ยมาตรฐาน 0.45 มีคุณภาพระดับ เหมาะสมมาก ซึ่งมีระดับคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2) แก้ไขข้อบกพร่องของรูปแบบการสอนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความชัดเจน และเหมาะสมยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของการปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
เนื่องจากเนื้อหามีมาก แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรอธิบายเชื่อมโยงแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน	แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์แสดงการเชื่อมโยงด้วยจุดประสงค์ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางของหลักสูตร

3) ตรวจสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการสอนฟิสิกส์ ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และด้านการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน ตามรายชื่อในภาคผนวก ก ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา และสำนวนต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ตามหลักของลิเคิร์ท ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

4) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาค่าความเหมาะสมสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินจากค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเทียบกับเกณฑ์ไว้ดังนี้ (ประคอง กรรณสูตร, 2542)

ช่วงคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างมาก

ช่วงคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างน้อย

ช่วงคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้คือ ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่ารูปแบบมีความเหมาะสม

(วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) ผลการตรวจสอบความเหมาะสมค่าเฉลี่ย 4.6 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 มีคุณภาพระดับ เหมาะสมมาก ซึ่งมีระดับคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5) แก้ไขข้อบกพร่องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความชัดเจน และเหมาะสมยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของการปรับปรุง แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
1. กิจกรรม กำหนดสถานการณ์ใช้คำถามไม่เชื่อมโยงกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1. แก้ไขคำถามให้ชัดเจนขึ้น 2. แก้ไขใบกิจกรรม ในส่วนสรุปผลความรู้ แบ่งออกเป็นด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และความรู้ด้านอื่น ๆ ที่ได้จากกิจกรรม
2. กิจกรรม กำหนดสถานการณ์ใช้คำถามไม่เชื่อมโยงกับจุดประสงค์การเรียนรู้	เพิ่มคำถามเป็นข้อ ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ตามจนสามารถสรุปความรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์
3. การใช้ภาษาในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ควรใช้ภาษาไปทางเดียวกัน	ปรับแก้ให้ใช้หน่วย SI ทั้งหมดเช่น เซนติเมตร แก้เป็น cm.

GRAD VRU

6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งคะแนนที่ได้พิจารณาการหาค่าความสอดคล้อง ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

7) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าความสอดคล้องของเครื่องมือ และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 58 ข้อ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 รายละเอียดของแบบประเมินโดยมีข้อเสนอแนะบางประเด็นที่ควรปรับปรุง ดังตาราง 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของการปรับปรุงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
การใช้ภาษาในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรใช้ภาษาไปทางเดียวกัน	ปรับแก้ให้ใช้หน่วย SI ทั้งหมดเช่น เซนติเมตร แก้เป็น cm.

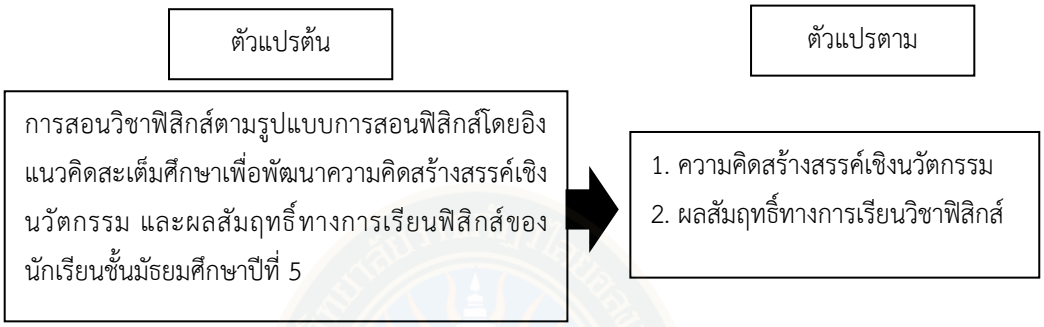
8) แก้ไขข้อบกพร่องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

9) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้ (Tryout) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเรื่องคลื่น ในวิชาฟิสิกส์ จำนวน 70 คน

10) นำคำตอบที่ได้มาตรวจให้คะแนนข้อละ 1 คะแนนสำหรับข้อถูก สำหรับข้อที่ผิด ให้คะแนน 0 คะแนน แล้ววิเคราะห์หาค่าความยาก (P) อำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบรายข้อโดยใช้วิธีของเบรนแนน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2533, น.87) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.20 - 1.00 และ ค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 ผลปรากฏว่า เข้าเกณฑ์จำนวน 21 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ (B) ตั้งแต่ 0.20-0.60 และค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.20-0.60 จำนวน 20 ข้อ และนำแบบทดสอบที่ได้คัดเลือกแล้วหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) (สมนึก ภัททิยธนี, 2546) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 ดังภาคผนวก ซ.

11) หลังจากการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว จำนวน 20 ข้อ เก็บไว้เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.3 การวิจัยระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



ภาพที่ 3.3 กรอบแนวคิดการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้อง โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนไม่แตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติ t ผู้วิจัยจึงได้ทำการจับฉลากห้องเรียนทั้งสองเพื่อสุ่มแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน ได้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 เป็นกลุ่มทดลอง

3.3.1 แบบแผนการวิจัย เป็นแบบประยุกต์ใช้

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ในห้องเรียนตามสภาพจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง

3.3.1.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมหลังทดลองของแต่ละกิจกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางเรียนหลังเรียน โดยใช้แบบแผนการวิจัยวัดพัฒนาการ และวัดผลหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ที่เรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์

$$E \quad - \quad X \quad O_1 \quad X \quad O_2 \quad X \quad O_3 \quad X \quad O_4 \quad O_5$$

เมื่อ X หมายถึง การจัดกระทำการทดลอง

E หมายถึง กลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้น

O_1 หมายถึง การทดสอบ และประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมหลังการทดลอง กิจกรรมที่ 1

O_2 หมายถึง การทดสอบ และประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมหลังการทดลอง กิจกรรมที่ 2

O_3 หมายถึง การทดสอบ และประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมหลังการทดลอง กิจกรรมที่ 3

O_4 หมายถึง การทดสอบ และประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมหลังการทดลอง กิจกรรมที่ 4

O_5 หมายถึง การทดสอบ และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ ตามลำดับของแผนการจัดการเรียนรู้ การวิจัยครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 รายการจากเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1.2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามปกติกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ในระหว่างวันที่ 24 พฤษภาคม 2562 - 23 สิงหาคม 2562 ใช้เวลาในการทดลองสัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเวลาในการทดลอง 36 คาบ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (การทดลองในครั้งนี้มีการเว้นช่วงไป 2 สัปดาห์ ระหว่างวันที่ 19 - 26 กรกฎาคม 2562 เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดให้เป็นสัปดาห์แห่งการสอนวัดผลกลางภาคเรียน จึงทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถทำการทดลองได้อย่าง ต่อเนื่องจนจบการทดลอง) ในระหว่างการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบแต่ละกิจกรรมมีการประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ด้วยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลงานของนักเรียนทั้งหมด 4 ครั้ง ดังตาราง 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการจัดการสอนตามรูปแบบการสอนตามรูปแบบ และการวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สัปดาห์	**กิจกรรมการสอน**	**การวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**
1	การเคลื่อนที่แบบคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
2		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
3		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

สัปดาห์	กิจกรรมการสอน	การวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4	สมบัติการสะท้อนของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
5		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
6		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
7	สมบัติการหักเหของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
8		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
9		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
10	สมบัติการแทรกสอดของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
11		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
12		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
		ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ ตามหลักการของ Torrance (1972a, pp. 221-236) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจากเกณฑ์ Rubric score จำนวน 4 ครั้ง 9 สัปดาห์ 36 คาบ คาบละ 50 นาที

3.3.1.3 ดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ โดยการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด 0 คะแนน

1) การวิเคราะห์ข้อมูล

- การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของแต่ละกิจกรรม ได้ใช้แบบแผนการวิจัยวัดพัฒนาการของกลุ่มทดลอง และวัดผลหลังเรียนของกลุ่มควบคุมผ่าน 4 กิจกรรม วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยมีการวัดซ้ำ และใช้สถิติความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำ One-way repeated measure ANOVA

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์ กับเกณฑ์ (65 %) โดยใช้สถิติค่าที t-test for one sample

ในการกำหนดเกณฑ์ 65 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดเกณฑ์ดังนี้

3) ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจผลการสอบ O-NET สาระที่ 5 พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ย้อนหลัง 3 ปีการศึกษาได้แก่ปีการศึกษา 2559 – 2561 คำนวณค่าเฉลี่ยได้ 26.66 ดังภาคผนวก ก.

4) ผู้วิจัย ดำเนินการกำหนดเกณฑ์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้เกณฑ์ 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี เนื่องจากนักเรียนกลุ่มทดลอง ผ่านการเรียนรู้ตารูปแบบซึ่งควรจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

5) ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การคิดคะแนน ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมแบ่งเป็น 4 ระดับ คือระดับสูงที่สุด ระดับสูง ระดับต่ำ และระดับต่ำที่สุด โดยอาศัยเกณฑ์คะแนนตามกลุ่ม ตามแนวคิด ของเบสท์ (Best and Kahn, 1993, p. 246) โดยใช้คะแนนสูงสุดลบด้วยคะแนนต่ำสุด แล้วนำมาหารด้วย จำนวนกลุ่ม หรือระดับการวัดที่ต้องการจึงได้เกณฑ์การคิดคะแนนดังต่อไปนี้

$$\text{ความกว้างของชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{4}$$

$$\text{ความกว้างของชั้น} = \frac{20-3}{5}$$

$$\text{ความกว้างของชั้น} = 3.4$$

จากการพิจารณาข้างต้น จึงกำหนดให้แบ่งระดับการวัดที่ต้องการได้ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 16.6 - 20.0 หมายถึง ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 13.1 -16.5 หมายถึง ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับดี

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 9.6 – 13.0 หมายถึง ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 6.1 – 9.5 หมายถึง ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.6 – 6.0 หมายถึง ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับปรับปรุง

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ไปทดสอบกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์ และนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1 หาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3.4.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 73)

สูตร $\bar{x}=\frac{\sum x}{N}$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคน

3.4.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) คำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2541, น. 103)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

Σ แทน ผลรวม

3.4.3 หาดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item-Objective Congrucence) (กรมวิชาการ, 2545, น. 83 - 85)

สูตร $IOC=\frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.4.4 ค่าความยาก (P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 81)

สูตร $P=\frac{R_u+R_l}{2f}$

เมื่อ P แทน ระดับความยาก

R_u แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_l แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

f แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง หรือต่ำซึ่งเท่ากัน

3.4.5 อำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของเบรนแนน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 87)

สูตร $B=\frac{U}{n_1}-\frac{L}{n_2}$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนก

U แทน จำนวนผู้รอบรู้ หรือผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

L แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้ หรือไม่ผ่านเกณฑ์ที่ถูก

n_1 แทน จำนวนผู้รอบรู้ หรือผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้ หรือไม่ผ่านเกณฑ์

3.4.6 ความเชื่อมั่น (R) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตรของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน 20 (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 89)

สูตร $r_t = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right\}$

เมื่อ r_t แทน สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับนักเรียนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับนักเรียนทั้งหมด

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

3.4.7 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนแต่ละครั้ง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยมีการวัดซ้ำ และใช้สถิติค่าความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำ one -way repeated measure ANOVA (กัลยา มั่นเรืองศรี, 2559)

สูตร $F = \frac{MS_{Tr}}{MS_E}$

เมื่อ F แทน ความแปรปรวนโดยมีการวัดซ้ำ

MS_{Tr} แทน ความแปรปรวนระหว่างการจัดการทดลอง

MS_E แทน ความแปรปรวนภายในการจัดการทดลอง

3.4.8 เปรียบเทียมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีทดสอบค่าที (t-test) แบบ t-test for one sample คำนวณสูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น. 134)

สูตร $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ โดยมี df = n -1

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

S แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

df แทนชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

GRAD VRU

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยอาศัยการศึกษาข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการสอนสะเต็มศึกษา และได้ประเมินความสอดคล้องของรูปแบบโดยอาศัยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และการนำรูปแบบที่ได้ไปทดลองใช้ในสภาพจริงแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ต่อการเรียนดีกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีปกติหรือไม่ ผู้วิจัยนำเสนอผลผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษา และสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4.3 ผลการศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4.1 ผลการสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์ จากข้อมูลการสัมภาษณ์ งานวิจัย เอกสารการสอน ประกอบด้วย

GRAD VRU

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

ประเด็น	สาระสำคัญ
1. ความสำคัญของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	1. พัฒนาโครงงาน และใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง 2. เป็นหนึ่งในทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นการนำความรู้มาใช้เป็นผู้สร้างผลงาน มากกว่าการเป็นผู้บริโภค 3. ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมทำให้ได้เปรียบจากการแข่งขันทางด้านธุรกิจ

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
2. องค์ประกอบสำคัญและปัจจัยที่มีผล ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	1. บูรณาการตั้งแต่ 4 ศาสตร์ขึ้นไป ใช้กระบวนการสะเต็มศึกษา มีการเชื่อมโยงความรู้ และทฤษฎี นำปัญหาจากชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์จากสถานการณ์จริง ทฤษฎีการสอนตามแนว Constructivism ใช้รูปแบบการสอนของทิศนา แขมมณี และหลักความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford 2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนแบบ Active Learning, Child center จัดกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทดลองจริง กระตุ้นให้นักเรียนอยากค้นหา 3. ออกแบบกิจกรรมการเรียนแบบ Inquiry base 4. ออกแบบให้กิจกรรมมีการสืบค้น และอ้างอิงข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่นำมาใช้ในการตัดสินใจ 5. ออกแบบให้กิจกรรมที่เน้นกระบวนการทางเทคโนโลยีได้แก่ การสืบค้น การนำเสนอ การออกแบบ 6. ออกแบบให้กิจกรรมเน้นกระบวนการทางวิศวกรรมได้แก่ การออกแบบชิ้นงาน design thinking การปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น 7. กิจกรรมที่จัดต้องฝึกทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน 8. กิจกรรมต้องเริ่มจากง่ายไปหายาก โดยดูจากพื้นฐานของนักเรียนเป็นหลัก ไม่ยึดติดกับเนื้อหา และหลักสูตร 9. เน้นบทบาทของครูในการช่วยนักเรียน “มองสถานการณ์ในชีวิตจริงที่มีปัญหา หรืออุปสรรคซ่อนอยู่” “ช่วยนักเรียนระบุปัญหา” “สร้างความตระหนักในปัญหา” “ช่วยวางแผนการปฏิบัติ” “ติดตามการแก้ปัญหา” โดยต้องมีเวลานอกเวลาเรียนเพื่อให้คำปรึกษาแก่นักเรียน และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี รวมทั้งวิธีการทางวิศวกรรม เข้ากับการแก้ปัญหานักเรียน

GRAD VRU

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
3. ปัญหาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	1. อุปกรณ์ งบประมาณ ซึ่งมีไม่เพียงพอ 2. เวลาในการจัดกิจกรรมต้องใช้เวลาจัดกิจกรรมต่อเนื่อง 3. นักเรียนมีจำนวนมากไม่สามารถควบคุมนักเรียนได้อย่างครอบคลุม
4. เนื้อหา สาระ	1เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่สามารถสอนได้ตามแนวคิดสะเต็ม ได้แก่ กลศาสตร์ พลังงาน ของไหล สามารถปฏิบัติได้จริง เป็นปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ 2. นักเรียนสนใจ เนื้อหาที่ไม่ควรใช้คือ พื้นฐานที่ต้องท่องจำ หรือเป็นนามธรรม 3. เป็นเนื้อหาที่สามารถหาอุปกรณ์ทดแทนได้ กรณีที่เป็น Modern Physics การใช้แนวคิดสะเต็มสามารถจัดได้ โดยการจำลอง 4. เรื่องใกล้ตัว ปัญหาที่พบ และยังแก้ไขไม่ได้ 5. ควรพิจารณากระบวนการทางวิศวกรรม ในด้านประโยชน์ และโทษ โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามา หรือ ศึกษาเนื้อหา คณิตศาสตร์ ม.4 พื้นฐานที่นักเรียนที่เรียนมาก่อน การให้เหตุผลการนำคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ อาจใช้ในกับการแข่งขันในกิจกรรม
5. กระบวนการสอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	1. ขั้นนำ กระตุ้นคำถาม และปัญหาจากปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยจัดบรรยากาศให้นักเรียนอยู่กับธรรมชาติ หรือสิ่งประดิษฐ์รอบตัวจนเข้าถึงปัญหา 2. ขั้นระบุปัญหา โดยการแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม และdesign ปัญหา 3. ขั้นปรับพื้นฐาน ทบทวนความรู้เดิม 4. สำรวจความรู้เดิม จากการสอบก่อนเรียน หรือจัดฐานเพื่อทดสอบความรู้พื้นฐาน 5. เพิ่มความรู้พื้นฐาน และ ความรู้เรื่องสะเต็ม 6. ค้นคว้าหาความรู้ จากสื่อเทคโนโลยี 7. ขั้นวางแผน การทำงาน โดยการระดมสมองในการวางแผนการทำงาน และหน้าที่

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
5. กระบวนการสอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	8. ขั้นแก้ปัญหา สร้างนวัตกรรมจาก แผนงานที่วางไว้ โดยสร้างแบบจำลองความคิด โมเดล ตารางการทำงาน ที่ผ่านการทดลองและลงมือทำ 9. ขั้นการประเมิน ประเมินจากผลงาน 1. ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม (Rubic score) ได้แก่ คิดคล่อง คิดริเริ่ม คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และนวัตกรรม 10. ตรวจสอบ และปรับปรุงนวัตกรรม 11. นำเสนอ โดยจัดทำ STEM SHOW ให้ครู และนักเรียนมาชม แล้วตอบคำถาม เพื่อฝึกทักษะในการสื่อสาร
6. ความพร้อมของครูในด้านความรู้ การออกแบบกิจกรรม	1. การใช้เทคโนโลยีในการสอน การใช้เทคโนโลยี ได้คล่อง 2. ครูต้องมีความรู้ในด้านเนื้อหาเพื่อป้องกัน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน 3. ต้องมีทักษะการสร้างนวัตกรรม 4. ต้องมีความรู้ รอบด้านในด้านความคิดสร้างสรรค์ 5. มีความเข้าใจในการบูรณาการของของสะเต็มศึกษา 6. ออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจนักเรียน 7. มีความรู้ในการจัดกิจกรรมแบบ ACTIVE LEARNING (POV) 8. มีความรู้ในการจัดกิจกรรมแบบ INQUIRY 9. ต้องมีกลยุทธในการจัดกิจกรรม ซึ่งเน้นด้านกระบวนการ มากกว่าผลงานปลายทาง
7. ความพร้อมของนักเรียน	1. ความกระตือรือร้น พร้อมที่จะพัฒนาตนเอง 2. นักเรียนต้องสามารถค้นคว้า หาความรู้ได้ด้วยตนเอง 3. ทดสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็น และสอนปรับพื้นฐาน 4. เจตคติ ทักษะด้านการทำงานกลุ่ม เทคโนโลยี
8. จุดเด่น จุดด้อยของหลักสูตร	จุดเด่น ผ่านการวิพากษ์โดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะศาสตร์มาแล้ว ดังนั้นเนื้อหาสาระ และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ถือว่ามีความเพียงพอต่อการพัฒนานักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
8. จุดเด่น จุดด้อยของหลักสูตร	จุดด้อย ผู้สอนขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผล และการบริหารจัดการชั้นเรียน ทำให้นักเรียนไม่สามารถบรรลุตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้
9. จุดเด่น จุดด้อยของสะเต็มศึกษา	จุดเด่น 1. นักเรียนมีทักษะความคิดวิเคราะห์ 2. นักเรียนเรียนรู้การวางแผนการทำงาน 3. นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น 4. นักเรียนได้ออกแบบ โดยการใช้เทคโนโลยี 5. นำกระบวนการวิศวกรรมเข้าใช้ในการเรียนการสอน 6. พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมอย่างครบถ้วน จุดด้อย 1. เวลาในการจัดกิจกรรมต้องมีต่อเนื่อง หลายคาบ 2. การดูแลนักเรียนจำนวนมาก และหลายกลุ่ม อาจไม่ทั่วถึง 3. ครูไม่เข้าใจกระบวนการของสะเต็มศึกษา กิจกรรมไม่สอดคล้องบริบทของนักเรียนไทย ต้องเรียนรู้จากสิ่งรอบตัว 4. ครูสร้างเกณฑ์ในการวัดผลประเมินผลเชิงบูรณาการองค์ความรู้ และทักษะกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ไม่ครอบคลุม
10. แหล่งการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม และบรรยากาศที่เหมาะสม	1. จาก WEB SITE เกี่ยวกับโปรแกรม SIMULATION 2. แหล่งเรียนรู้ควรจากสถานการณ์จริง, ปราชญ์ชาวบ้าน, ชุมชน, ผู้เชี่ยวชาญ, ทูตสะเต็ม, และแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนชอบ ถูกต้องและตรวจสอบได้

GRAD VRU

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
11. การวัดประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์	ประเมิน ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และ หลังเรียน 1. ประเมินตนเอง ประเมินจากเพื่อน และ จากครู 2. สังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบสอบถาม ตามประเด็นต่อไปนี้คือ ด้านความรู้ ทักษะ เจตคติ และนวัตกรรม ด้านความรู้ 1. การถ่ายโอนความรู้สู่ชีวิตจริง เชื่อมโยง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ กับสถานการณ์ในชีวิตจริงนอกห้องเรียนได้ 2. แบบทดสอบข้อเขียน (ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ 3. ความสามารถที่ได้จากการเรียนรู้ ด้านทักษะ 4. การค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 5. การทำงานเป็นทีม 6. การสื่อสาร 7. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ด้านเจตคติ 1. เห็นความสำคัญของ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นวิชาที่น่าสนใจ และน่าเรียน สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิต 2. จริงใจ 3. ความสนใจใฝ่เรียนรู้ อยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน เพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง แสวงหาความรู้ ในสถานการณ์ และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ 4. ความสนใจใฝ่รู้ หรือความอยากรู้อยากเห็น ได้แก่ ความกระตือรือร้นทำกิจกรรม และเรื่องต่าง ๆ พฤติกรรม ชอบสนทนาซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น

GRAD VRU

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด
11. การวัดประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์	5. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และเพียรพยายาม ได้แก่ ยอมรับผลการกระทำของตนเอง ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนด และตรงต่อเวลา เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหาย ต่อส่วนรวม ทำงานเต็มความสามารถ ไม่ท้อถอยในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยาก และใช้เวลา 6. ความมีเหตุผล ได้แก่ ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลาง หรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ อธิบาย หรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ตรวจสอบความถูกต้อง หรือความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ ระหว่างเรียน 7. ความซื่อสัตย์เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น ได้แก่ เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง บันทึกข้อมูลตามความจริง และไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นของตนเอง 8. การกำหนดจุดประสงค์ ระบุปัญหา วางแผน ออกแบบ ควบคุมสถานการณ์การทำงาน ความสามารถในการปฏิบัติงานด้านนวัตกรรม 9. ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม มองเห็นปัญหาอุปสรรค หรือแนวทางพัฒนา จากสถานการณ์ในชีวิตจริงที่สามารถนำมากำหนดเป็นเป้าหมาย ผสมผสานแนวการแก้ปัญหากับกระบวนการทางวิศวกรรม การออกแบบ หรือกำหนดแนวคิดการวางแผน การปฏิบัติ การประเมินผลงานระหว่างปฏิบัติ และทดสอบผลงานในการแก้ปัญหา หรือการพัฒนาจาก คิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ จากนวัตกรรม 10. ผลสำเร็จของงาน คุณภาพงาน

GRAD VRU

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ และสังเคราะห์กระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 7 ขั้นดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา

เป็นขั้นนำเสนอกรณีศึกษา สถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันใกล้ตัว ทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหา เกิดความขัดแย้งทางปัญญา จนเกิดความคิดที่หลากหลาย เกิดความเข้าใจอธิบายเหตุการณ์ได้ โดยนักเรียนระบุวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ความต้องการในการออกแบบ ประเด็นปัญหาหลัก ปัญหารอง สาเหตุ วิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา และแยกแยะข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา โดยอ้างอิงหลักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี ด้วยความเป็นเหตุเป็นผลอย่างถูกต้องเหมาะสม

2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

เป็นการค้นหารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา โดยค้นหา รวบรวมข้อมูล เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาดังกล่าวจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ การอ้างอิงตามหลักวิชาการ จากสื่อเทคโนโลยี ใบความรู้ และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อเพื่อทบทวนความรู้เดิม เพิ่มความรู้พื้นฐานที่จำเป็น และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับข้อมูลหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ตามหลักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี

3) ขั้นออกแบบ และวางแผนการทำงาน

เป็นขั้นการระดมพลังสมอง โดยการนำความรู้ที่ค้นพบ และความรู้เดิมมาออกแบบ วางแผนการทำงานการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีจำกัด เงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหา

4) ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน

เป็นขั้นการนำแผนการทำงานมาปฏิบัติ สร้างนวัตกรรมตามแผนงานที่วางไว้ โดยสร้างแบบจำลองความคิด โมเดล ตารางการทำงาน มีการกำกับติดตามการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นนวัตกรรมขึ้น ซึ่งการดำเนินการด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยกำหนดลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุง

เป็นขั้นการประเมินจากผลการแก้ปัญหา ทดสอบ เช็คจากการใช้งานได้จริงของนวัตกรรม ให้มีความเหมาะสม และประโยชน์จากผลงาน และปรับปรุงนวัตกรรมรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาจากการเสริมแต่งความคิดใหม่หลังประเมินแล้ว จนนวัตกรรมเป็นที่พอใจ มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา และเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น ใน เวลา และทรัพยากรที่จำกัด

6) ขั้นนำเสนอผลงาน

เป็นขั้นการนำเสนอแนวคิด ขั้นตอนในการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยนำผลงานจัดทำ STEM SHOW ให้ครู และเพื่อนนักเรียนมาชมแล้วตอบคำถาม เพื่อฝึกทักษะในการสื่อสาร

7) ขั้นสรุป และประยุกต์

เป็นขั้นสรุปบทเรียน ความรู้เก่า และความรู้ใหม่ที่ได้ โดยร่วมกันสร้างผังมโนทัศน์กันระหว่างครู และนักเรียน

ผลการประเมินความเหมาะสม สอดคล้องของกระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80 -1.00 ซึ่งอยู่ในระดับที่ใช้ได้

4.2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4.2.1 รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย

1) หลักการของรูปแบบ

1.1) การจัดการเรียนการสอนบูรณาการ 4 ศาสตร์ มีการเชื่อมโยงความรู้และ ทฤษฎี วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ผ่าน ทำให้นักเรียนได้เรียนจากการลงมือปฏิบัติร่วมกัน และได้ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในกระบวนการเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยี

1.2) การที่นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในกระบวนการเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยี ทำให้นักเรียนได้สร้างความรู้จากข้อมูลระหว่างกระบวนการ ได้ปรับโครงสร้างความรู้เข้าใจของตนเอง ระหว่างการออกแบบชิ้นงาน การสร้างชิ้นงาน การปรับปรุงชิ้นงาน ทำให้เกิดความรู้ที่มีความหมาย ต่อตัวนักเรียน

1.3) ความคิดสร้างสรรค์ มีองค์ประกอบสำคัญคือ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดยืดหยุ่น 3) ความคิดคล่อง 4) ความคิดละเอียดลออ ซึ่งสามารถฝึก และพัฒนาความคิดผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีได้

1.4) การที่นักเรียนเรียนรู้ฟิสิกส์ผ่านกระบวนการที่จนได้คิดประดิษฐ์ คิดออกแบบ ความรู้ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ใช้วิธีการทางเทคโนโลยี ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจฟิสิกส์

อย่างลึกซึ้งมีทักษะปฏิบัติ รวมทั้งสามารถอธิบายเหตุผล หลักการทางฟิสิกส์ได้จากความเข้าใจของตนเอง

2) วัตถุประสงค์

2.1) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

2.2) ผลสัมฤทธิ์ของวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3) เนื้อหา สาระ

สาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมบูรณาการ 4 ศาสตร์ สอดแทรกให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

4) กระบวนการสอน

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุง

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน

ขั้นที่ 7 ขั้นสรุป และประยุกต์

5) หลักการตอบสนอง

ครูผู้สอน สอนตามรูปแบบการสอนฯ ต้องยึดหลักในการตอบสนองโดยการควบคุมให้กระบวนการเรียนแบบ STEM ศึกษา ให้ดำเนินจนสามารถสร้างผลงานได้ตามเป้าหมาย โดยครูผู้สอนให้ความสำคัญ และความสนใจ ต่อเรื่องที่นักเรียนสนใจ อดทน ต่อการรอคอยคำตอบ และให้อิสระกับกระบวนการคิดของนักเรียน

6) ระบบสังคม

เน้นการมีส่วนร่วมโดยอาศัยกระบวนการกลุ่ม สร้างแรงจูงใจภายใน ความใฝ่เรียนรู้ อยากค้นพบสิ่งที่อยู่รอบตัว จัดบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข ยอมรับความคิดเห็น และเหตุผลของผู้อื่น กล้า และยอมรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น อดทน ต่อความยากลำบาก และนักเรียนสามารถสร้างความรู้ และนวัตกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สร้างศักยภาพให้พร้อมที่จะเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์อย่างเป็นมิตร และเป็นกันเองระหว่างผู้สอนกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียนโดยเชื่อมโยง STEM CARREER

7) ระบบสนับสนุน

จัดสิ่งแวดล้อมการรับรู้ให้มีบรรยากาศที่ท้าทายมีทางเลือก ส่งเสริมของความคิดริเริ่ม ใช้คำถามปลายเปิด สถานการณ์ตัวอย่างใกล้ตัว และชีวิตจริงในการกระตุ้นความคิดของนักเรียนสนับสนุนความเป็นอิสระ กระตุ้นความร่วมมือของนักเรียนให้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อขยายความคิด โดยผ่านกระบวนการกลุ่มแสวงหาความรู้สร้างความรู้ประเมินผลประยุกต์ใช้ความรู้ร่วมทั้งได้รับการสนับสนุน สื่อ แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ เพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริง วัดผลตามสภาพจริง โดยครู นักเรียน และเพื่อนร่วมกันประเมิน

8) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

8.1) ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

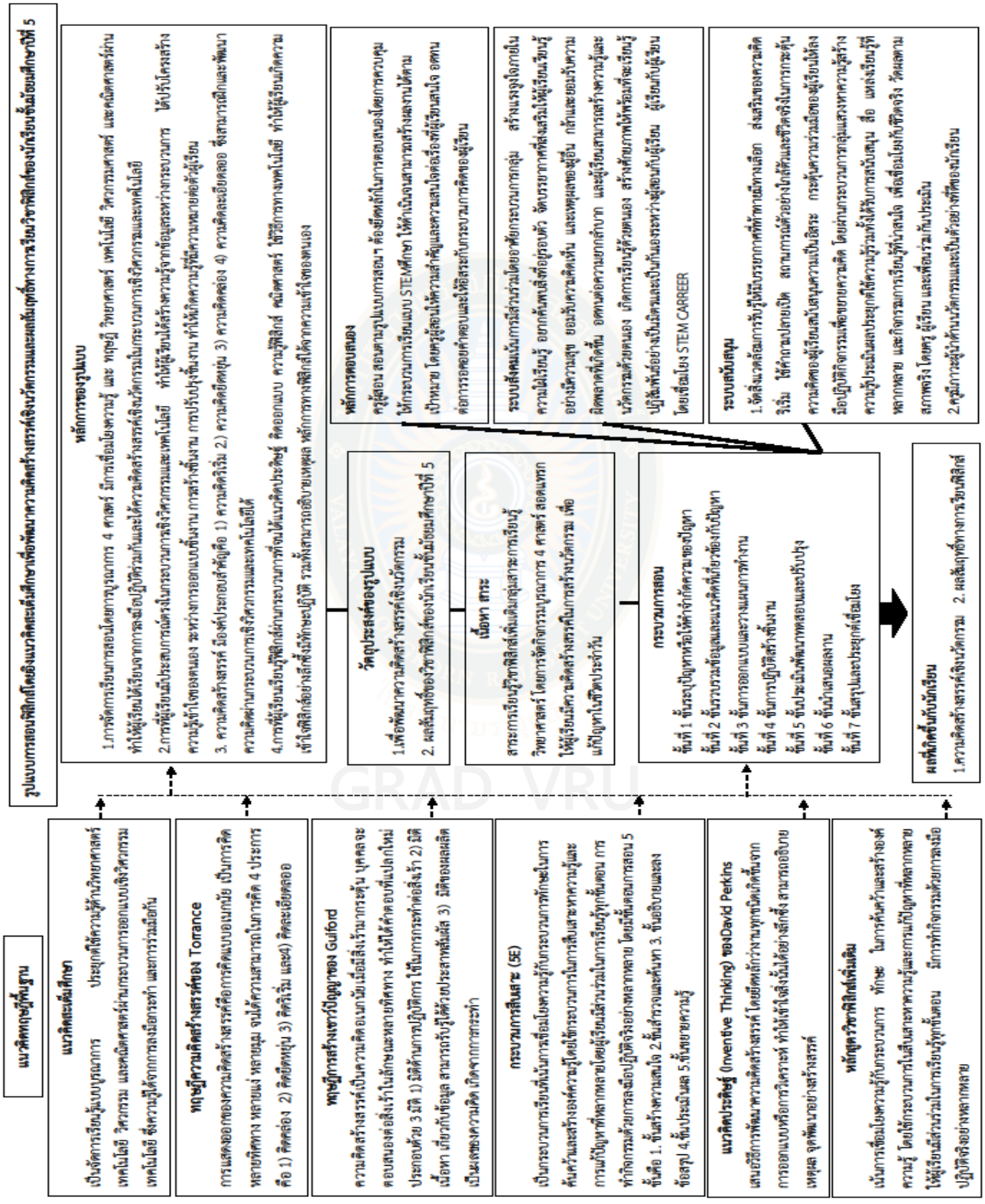
8.2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

4.2.2 สรุปสาระสำคัญขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังภาพที่ 4.1

4.2.3 ประเมินความเหมาะสม สอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ ดังตารางที่ 4.2

4.2.4 ประเมินความเชื่อมั่นของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ดังตารางที่ 4.3

GRAD VRU



ภาพที่ 4.1 แสดงการสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม สอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	**ค่า IOC**	**ความหมาย**
หลักการของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐาน	1.00	เหมาะสม สอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐาน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1.00	เหมาะสม สอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์ฯ	0.71	เหมาะสม สอดคล้อง
หลักการตอบสนองของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิดพื้นฐาน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานรูปแบบการสอนฯ	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
บทบาทผู้สอนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่า IOC	ความหมาย
บทบาทนักเรียนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
หลักในการตอบสนองสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอน และนักเรียน	0.71	เหมาะสม สอดคล้อง
ระบบสังคมสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง
ระบบสนับสนุนสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	0.86	เหมาะสม สอดคล้อง

จากตารางข้างต้น องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประเมินยืนยันโดยผู้เชี่ยวชาญตามดัชนีความสอดคล้อง ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าองค์ประกอบของรูปแบบฟิสิกส์ มีความเหมาะสม สอดคล้องทุกข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.71 - 1.00 ทุกข้อ

4.2.5 ผลการประเมินความเชื่อมั่นของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ดังตารางที่ 4.3

GRAD VRU

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินความเชื่อมั่นของ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.	แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ซึ่งมี 7 ขั้นตอนตามรูปแบบ แหล่งเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลซึ่งมีกรอบแนวคิดตามรูปแบบ	5	4	5	5	5	4.8	0.45
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.8	0.45
3.	กระบวนการเรียนรู้							
3.1	ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดของปัญหาเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.2	ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.3	ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงานเหมาะสม	4	4	4	5	5	4.4	0.55
3.4	ขั้นปฏิบัติการสร้างชิ้นงานเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.6	0.55
3.5	ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงานเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.6	ขั้นการนำเสนอผลงานเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.7	ขั้นสรุป และการประยุกต์ที่เหมาะสม	5	4	4	4	5	4.4	0.55
4.	ขั้นตอนของกิจกรรมทั้ง 7 ขั้นมีลำดับเหมาะสมสอดคล้อง	4	4	4	5	5	4.4	0.55
5.	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.4	0.55

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{x}$	S.D.
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
6.	แบบวัด และประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดของรูปแบบ	4	5	5	5	4	4.6	0.55
7.	การวัด และประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	4.6	0.55

จากตารางพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นว่าองค์ประกอบของรูปแบบฟิสิกส์ มีความเชื่อมั่น 0.087

4.3 ผลการศึกษาการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาฯ กับเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65 ดังตารางที่ 4.4

GRAD VRU

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ กับเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65

การเปรียบเทียบ	**เกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65**	$\overline{x}$	S.D.	df	T	p
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการจัดการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ	13.00	14.25	3.24	31	2.181*	0.037

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองการจัดการเรียนรูปที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาฯ ของตัวอย่างสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3.2 ผลการศึกษาพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ ดังตารางที่ 4.5

GRAD VRU

ตารางที่ 4.5 แสดงผลค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ จำนวน 4 ครั้ง

การวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม (ครั้งที่)	n	$\overline{X}$	S.D.	ระดับการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
1	32	7.5000	3.05857	น้อย
2	32	9.6250	2.52408	ปานกลาง
3	32	10.8281	3.01237	ปานกลาง
4	32	14.0313	3.27734	ดี

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม จำนวน 4 ครั้ง เพิ่มขึ้นตามลำดับการวัด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

คะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	Sum of Squares (SS)	df	Mean Square (MS)	F	p
	714.975	3	238.325	36.382*	.000
	609.213	93	6.551		

หมายเหตุ : ค่าสถิติ Mauchly's W =.881 , X^2 = 3.778 , df = 5 , p = .582 ความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound Symmetry

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.6 พบว่า คะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ ใน 4 ระยะ มีความแปรปรวนเท่า ๆ กัน จากค่าสถิติ Mauchly's W =.881 , X^2 = 3.778 , p = .582 ความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound Symmetry จึงสามารถทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ One – way repeated ANOVA ได้

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม จำนวน 4 ครั้ง คะแนนพัฒนากากรของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมมีอย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยรายละเอียดจะแสดงดังตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการรายคู่ของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	**ครั้งที่1** ($\overline{X}$ = 7.5000)	**ครั้งที่2** ($\overline{X}$ = 9.6250)	**ครั้งที่3** ($\overline{X}$ = 10.8281)	**ครั้งที่4** ($\overline{X}$ = 14.0313)
ครั้งที่1 ($\overline{X}$ = 7.5000)				
ครั้งที่2 ($\overline{X}$ = 9.6250)	2.125*			
ครั้งที่3 ($\overline{X}$ = 10.8281)	3.328*	1.203*		
ครั้งที่4 ($\overline{X}$ = 14.0313)	6.531*	4.406*	**3.203***	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่า คะแนนพัฒนาการรายคู่ของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ ครั้งที่ 4 มากกว่า ครั้งที่ 1 ครั้งที่

2 และครั้งที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กลุ่มตัวอย่างได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ อย่างต่อเนื่องจะมีความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมสูงขึ้น

GRAD VRU

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” มีจุดประสงค์ย่อย 3 ข้อ คือ

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษากับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีปกติ
3. เพื่อศึกษาพัฒนาการความก้าวหน้าของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.1 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นไปลักษณะของการวิจัย และพัฒนาซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบของการจัดการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เป็นบทความ หนังสือที่เป็นตำรา รายงานการวิจัย เอกสารเผยแพร่ และข้อเขียนต่าง ๆ เกี่ยวกับการจัดการศึกษา สภาพปัญหา และผลการจัดการสอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน แนวคิดและทฤษฎีซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ แนวคิดสะเต็มศึกษา ทฤษฎีพื้นฐานทางการศึกษาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เพื่อนำมาวิเคราะห์ และสังเคราะห์องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนของวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา และดำเนินการตรวจสอบ ยืนยันองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ สรุปผลองค์ประกอบของการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิเคราะห์หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ และนำองค์ประกอบของการจัดการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมมาสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานมาร่างรูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิด สะเต็มศึกษาฯ ทำให้ได้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบการสอน แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 เรื่อง คือ การเกิดคลื่น สมบัติการสะท้อนของคลื่น สมบัติการหักเหของคลื่น และสมบัติการแทรกสอดของคลื่น จำนวน 36 คาบ สร้างแบบวัดผลประเมินผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จำนวน 58 ข้อ และสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเชิงนวัตกรรม จำนวน 4 ชุด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่สร้างเสร็จเรียบร้อยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมสอดคล้องของกิจกรรม ความสอดคล้องของรูปแบบ และคุณลักษณะ หรือพฤติกรรมที่วางไว้ นำแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาทดลองใช้กับนักเรียนที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องคลื่น และนำมาวิเคราะห์ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ค่าความยาก จนได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 21 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ระหว่าง 0.20 - 1.00 และค่าความยากระหว่าง 0.20 - 0.80 ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้ 20 ข้อ และทดสอบความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.807

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้อง เป็นกลุ่มทดลองจำนวน 33 คน ดำเนินการ 1) รวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (ได้จากการตั้งเกณฑ์ที่สูงกว่าผลสอบ O-NET สาระที่ 5 พลังงาน มีค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี โดยใช้สถิติที one-sample t-test 2) รวบรวมผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเปรียบเทียบ 4 กิจกรรม โดยใช้สถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ one-way repeated measure ANOVA

GRAD VRU

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ประกอบด้วย

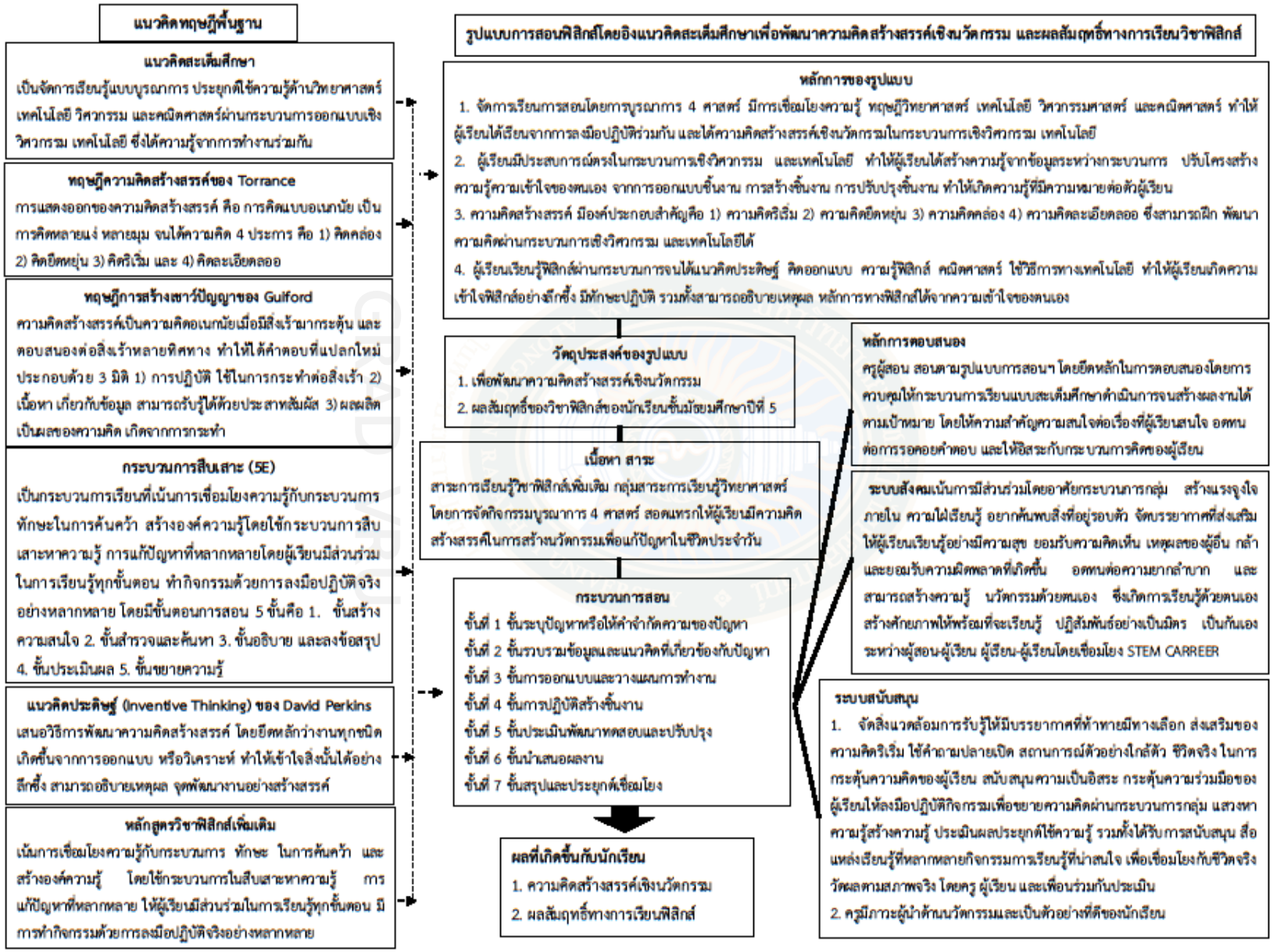
5.2.1.1ข้อมูลพื้นฐานการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 1) ความสำคัญของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 2) องค์ประกอบสำคัญ และปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 3) ปัญหาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 4) เนื้อหาสาระ 5) กระบวนการสอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 6) ความพร้อมของครูในด้านความรู้ การออกแบบกิจกรรม 7) ความพร้อมของนักเรียน 8) จุดเด่น จุดด้อยของหลักสูตร

และการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 9) แหล่งการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม และบรรยากาศที่เหมาะสม 10) การวัดประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

5.2.1.2 กระบวนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 7 ขั้นดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นวางแผนการทำงาน 4) ขั้นการออกแบบ และปฏิบัติสร้างชิ้นงาน 5) ขั้นประเมินพัฒนา ทดสอบ และปรับปรุง 6) ขั้นนำเสนอผลงาน 7) ขั้นสรุป และประยุกต์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80 - 1.00

5.2.1.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย 1) หลักการของรูปแบบ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบ 3) เนื้อหา สาระ 4) กระบวนการสอน 5) หลักการตอบสนอง 6) ระบบสังคม 7) ระบบสนับสนุน 8) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมาสร้าง โดยมีผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.71 - 1.00 ดังภาพที่ 5.1

GRAD VRU



ภาพที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5.2.2ผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5.2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\bar{x}$ = 14.25 จากคะแนนเต็ม 20)

5.2.2.2 ผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการเรียนตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มมีความก้าวหน้าขึ้นตามระยะ ดังนี้ระยะที่ 1 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ระดับน้อย ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมระดับปานกลาง และระยะที่ 4 มีระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในระดับ ดี โดยระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ระยะที่ 1, 2, 3 และ4 เพิ่มขึ้นทุกระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3 อภิปรายผล

การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ภายใต้กรอบแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจนกระทั่งได้รูปแบบที่ต้องการเป็นการจัดการเรียนการสอนภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา แนวคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และการคิดประดิษฐ์ โดยใช้ปัญหาที่ใกล้ตัว และเกิดขึ้นในปัจจุบันเป็นสื่อให้เกิดการเรียนรู้ และนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสภาพจริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ผลจากการทดลองพบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำให้นักเรียนทั้งหมดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น จึงกล่าวได้ว่ารูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพอีกรูปแบบหนึ่ง สามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ตามต้องการ นอกจากนี้ผลจากการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ยังพบว่ารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้พัฒนาคุณภาพการสอนฟิสิกส์ซึ่งต้องการเน้นพัฒนาการทางปัญญา ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม การนำความรู้ไปใช้ ของนักเรียนโดยมีรายละเอียดที่น่าสนใจเพิ่มเติมดังนี้

5.3.1 ผลการสังเคราะห์กระบวนการสอนฟิสิกส์ประกอบด้วย ขั้นตอนการสอน 7 ขั้น มีความเหมาะสมสอดคล้อง จากการประเมิน IOC ระดับ 0.80 – 1.00 อาจเนื่องจาก ผู้วิจัยดำเนินการสังเคราะห์อย่างเป็นระบบโดยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม การจัดการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สภาพปัญหา และผลการจัดการ

สอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน ศึกษา และวิเคราะห์กระบวนการสอนที่สำคัญของ Guilford, Torrance, Perkins, กระบวนการสืบเสาะ (5E) และแนวคิดสะเต็มศึกษาได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนการดำเนินงาน ขั้นการทดสอบประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ขั้นประยุกต์ใหม่ จากนั้นได้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนสำคัญจากหลายกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความเหมาะสมที่เป็นไปได้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เมื่อผู้วิจัยสังเคราะห์ได้ 7 ขั้นตอนแล้วผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ตามแนวคิดของ Guilford มีขั้นตอนประยุกต์ ผู้วิจัยจึงจัดลำดับความเหมาะสม และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน พบว่า มีความเหมาะสมสอดคล้อง (IOC) 0.80 – 1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับใช้ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ภายใต้กรอบแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจนกระทั่งได้รูปแบบที่ต้องการเป็นการจัดการสอนภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา

5.3.2ผลการสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ มีความเหมาะสมสอดคล้อง จากการประเมิน (IOC) อยู่ในระดับ 0.71 - 1.00 อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ให้สอดคล้อง โดยยึดหลักเหตุผลจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแนวคิดทฤษฎีเชาว์ปัญญาของ Guilford,Torrance, แนวคิดประดิษฐ์ของ Perkins, กระบวนการสืบเสาะ (5E) และแนวคิดสะเต็มศึกษา สังเคราะห์ได้องค์ประกอบ 4 ด้านคือ 1) การจัดการเรียนการสอนบูรณาการ 4 ศาสตร์ 2) การใช้กระบวนการ เชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยี 3) ความคิดสร้างสรรค์ และ 4) การคิดประดิษฐ์

การสังเคราะห์กระบวนการเรียนการสอนตามรูปแบบ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม การสังเคราะห์ หลักการตอบสนอง ระบบสังคม ระบบสนับสนุน บทบาทนักเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาลักษณะสำคัญขององค์ประกอบและนำสาระสำคัญจากการศึกษาเอกสาร จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาเชื่อมโยง สอดคล้องและเหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน ผู้วิจัยได้แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา ที่มุ่งเน้นด้านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้ตามมาตรา 22 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่ยึดหลัก นักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียน มีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ พัฒนาตามธรรมชาติ และเต็มตามศักยภาพนั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรม การเรียนรู้จากการที่นักเรียนเคยเป็นผู้รอรับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้ และพัฒนาตนเอง ในขณะที่ครูจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอน หรือผู้บอกความรู้ เป็นผู้เอื้ออำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิด

การเรียนรู้ด้วยตนเองมีความชัดเจนในการส่งเสริมให้การเรียนการสอน และกระบวนการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ และความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังดำเนินการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบพิจารณา ตรวจสอบประเมินความเหมาะสมสอดคล้อง แล้วนำความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปปรับองค์ประกอบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น พบว่า เป็นการปรับสาระสำคัญ และแต่ละองค์ประกอบให้สอดคล้องกับทฤษฎีมากขึ้น ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ แนวคิดประดิษฐ์ของ Perkins ทฤษฎีเชาว์ปัญญาของ Guilford

5.3.3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากมีการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน อีกทั้งการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน โดยในด้านความจำ และความเข้าใจเป็นสิ่งแรกที่นักเรียนต้องนำมาใช้เพื่อนำข้อมูลไปใช้เพื่อค้นคว้าข้อมูลผ่านเครื่องมือสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ขั้นการออกแบบช่วยพัฒนาให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการ ขั้นประเมินพัฒนา ทดสอบ ปรับปรุง และแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับเป็นการพัฒนาการประเมินค่า ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการสอดแทรกพฤติกรรมคิดโดยบูรณาการด้านเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ตามทฤษฎีคอนสตัคติวิสต์เพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมด้วยกระบวนการดูดซึม และปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ น้ำเพชร กะการดี (2560) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ ราวรรณ์ ทิลานันท์ (2558) ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสอดคล้องกับ อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) ศึกษาการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง และทัศนอุปกรณ์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3.4 รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมพัฒนาขึ้นตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกฝนด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมผ่านสถานการณ์ปัญหาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบสิ่งประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ในชีวิตจริง และสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชาที่สอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งในแต่ละขั้นตอนได้สอดแทรกพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ คิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และคำนึงถึงการใช้งานได้จริงจากนวัตกรรม โดยมีการบูรณาการด้านเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางวิศวกรรม ได้อย่างเหมาะสมดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา จากสถานการณ์ปัญหาง่าย ๆ ไปสู่ปัญหาที่ยากขึ้น นักเรียนได้ฝึกการตั้งปัญหา และคำจำกัดความของปัญหาให้ได้เยอะที่สุด เป็นการแยกแยะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ฝึกความคิดยืดหยุ่นให้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์

2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการนำประเด็นปัญหามารวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ แยกแยะสาเหตุของปัญหา สืบค้นข้อมูลผ่านเครื่องมือสื่อสาร เป็นการฝึกความคิดละเอียดลออ โดยนำรายละเอียดมาตกแต่งความคิดให้สมบูรณ์ ทำให้ภาพชัดเจนในเวลาจำกัด เป็นการฝึกความคิดคล่อง จนสามารถนำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกันจนเกิดแนวคิดใหม่ในการทำงานเป็นการฝึกความคิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่ม

3) ขั้นออกแบบและวางแผนการทำงาน เป็นขั้นการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่หลากหลายวิธี และเลือกแบบที่ดีที่สุดมาจัดเรียงลำดับการสร้างสิ่งประดิษฐ์ วางแผนการเผื่อความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น เป็นการฝึกความคิดยืดหยุ่นในการดัดแปลงแนวคิดที่มีอยู่เดิม โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากรที่มีจำกัด คุณสมบัติของวัสดุในการสร้าง และปรับปรุงชิ้นงานให้สมบูรณ์ขึ้น ฝึกความคิดละเอียดลออจากการคิดวิเคราะห์แนวทางการทำงานอย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบได้อย่างสมเหตุสมผล

4) ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน เป็นการสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามลำดับขั้นตอนตามแผนการที่วางไว้ เป็นการฝึกความคิดละเอียดลออ โดยต้องควบคุมความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจนผลงานสำเร็จตามที่ตั้งเป้าหมายได้

5) ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุง เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์สิ่งประดิษฐ์สามารถใช้งานได้จริงจนเป็นที่พอใจตามข้อกำหนด เป็นการฝึกความคิดละเอียดลออ และฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจนกว่างานจะสำเร็จ เป็นการฝึกความคิดยืดหยุ่น และการใช้งานได้จริงของนวัตกรรม

6) ขั้นนำเสนอผลงาน เป็นการฝึกการนำเสนอความรู้ให้เป็นที่ยอมรับของเพื่อน โดยการตอบคำถาม แลกเปลี่ยนความรู้ เป็นการฝึกความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ และการใช้งานได้จริงของนวัตกรรมไปพร้อม ๆ กัน

7) ขั้นสรุปและประยุกต์ เป็นขั้นการนำความรู้เดิม ความรู้จากการทำกิจกรรมมาสรุปเป็นความรู้ใหม่ จากการร่วมกันระดมสมองความรู้ที่ได้ เป็นการฝึกความคิดยืดหยุ่น สอดคล้องกับ ภัสสร ติดมา (2558) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนใหม่ นักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ สามารถบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผลในการจินตนาการ การวางแผนการทำงาน การเลือกวัสดุ คุณสมบัติของวัสดุ โดยคำนึงถึงราคา การสร้าง และปรับปรุงเพื่อให้งานสมบูรณ์ และสอดคล้องกับ สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2561) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน พบว่าการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้านความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ และคิดคล่องได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

5.4.1.1 การนำรูปแบบการสอนนี้ไปใช้จะต้องมีการเตรียมการต่าง ๆ ทั้งด้านการจัดสภาพแวดล้อม เทคโนโลยี ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีความเข้าใจถึงกระบวนการขั้นตอนการสอนและประโยชน์ของรูปแบบเพื่อให้เกิดการยอมรับ และเตรียมความพร้อมก่อนการดำเนินการเพราะกระบวนการสอนส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ต้องได้รับความร่วมมือ และการยอมรับอย่างดีจากผู้ที่เกี่ยวข้องทุกส่วน เพื่อร่วมกันจัดสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตรปลอดภัยเอื้อต่อการเรียนรู้ และการทำกิจกรรม

5.4.1.2 ผู้สอนควรนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ร่วมกับการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนจะมีความสุข และสนุกกับการทำกิจกรรมนั้น เช่น การนำเอาแอปพลิเคชั่น (Application) มาใช้ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้

5.4.1.3 รูปแบบการสอนฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้นมานี้เป็นการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการค้นคว้า และออกแบบด้วยตนเอง โดยต้องอาศัยสื่อวัสดุเทคโนโลยีเพื่อมาสร้างชิ้นงานภายใต้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีทางเลือก มีความหลากหลาย และมีความเป็นกันเอง โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้ให้แนวทาง ผู้ฝึกสอน ที่ปรึกษา พี่เลี้ยง และเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน ดังนั้นผู้สอนต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดความอยากรู้ และค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

5.4.1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ขั้นตอนการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน และขั้นประเมิน พัฒนา ทดสอบ และปรับปรุง เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามาก ผู้สอนต้องควบคุมเวลาให้รัดกุม และบางขั้นตอนได้ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สามารถให้ทำนอกเวลาเรียนได้ ในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรเผื่อเวลาไว้สำหรับการอธิบายซักถามเนื้อหาทางการเรียน และปัญหาของนักเรียนบ้าง หรือถ้าเวลาในชั้นเรียนไม่เพียงพอก็อาจเรียกนักเรียนที่มีปัญหามาพบเพื่อซักถามทำความเข้าใจนอกเวลา เพื่อป้องกัน และแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนซึ่งจะส่งผลต่อไปได้

5.4.1.5 ในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรเผื่อเวลาไว้สำหรับการอธิบายซักถามเนื้อหาทางการเรียน และปัญหาของนักเรียนบ้าง หรือถ้าเวลาในชั้นเรียนไม่เพียงพอก็อาจเรียกนักเรียนที่มีปัญหามาพบเพื่อซักถามทำความเข้าใจนอกเหนือจากคาบเรียน เพื่อป้องกัน และแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนซึ่งจะส่งผลต่อไปได้

5.4.1.6 ในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน หรือขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มควรสอดแทรกคุณธรรมควบคู่กันไป ฝึกให้นักเรียนรู้จักช่วยเหลือซึ่งกัน และกัน รู้จักแบ่งปันความรู้ และหน้าที่รับผิดชอบ ให้เกียรติ และยอมรับฟังความคิดของผู้อื่น ควรมีการตกลงกติกาในการเรียนของนักเรียน เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนที่เรียนเก่งในกลุ่มเป็นผู้ครอบงำทางความคิด หรือไม่ยอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่น ๆ และเพื่อป้องกันไม่ให้การแสดงความคิดเห็นมีการใช้เสียงดังแข่งกัน หรือเกิดเสียงดังจนเกินไป ในการเปิดโอกาสให้นักเรียนในห้องเรียนได้ตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นครูควรมีการตกลงกติกาไว้อย่างชัดเจนว่า โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นทีละคน โดยการยกมือแสดงความประสงค์ก่อนทุกครั้ง

5.4.1.7 ในการจัดกลุ่มครูควรจัดโดยพิจารณาจากความสามารถในการออกแบบการสร้างสิ่งประดิษฐ์ มากกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยให้นักเรียนพิจารณากันเองภายในห้อง ว่าเพื่อนควรอยู่ในกลุ่มใด เก่ง กลาง หรืออ่อน หลังจากนั้นเพื่อนที่อยู่ในกลุ่มเก่ง 1 คน มาจับสลากเพื่อนกลุ่มกลาง กลุ่มละ 2 คน เพื่อนกลุ่มอ่อน 2 คนต่อกลุ่ม ในอัตรา 1 : 2 : 2

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการวิจัยมีการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการออกแบบ และวางแผนการทำงานขั้นตอนการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน และขั้นตอนการประเมิน พัฒนา ทดสอบ และปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ จึงควรมีการวิจัย พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

GRAD VRU

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560).** ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กันยา มั่นเรืองศรี. (2558). **การปฏิรูปการเรียนรู้ ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553**. สืบค้นจาก http://www.vcharkarn.com/vcafe/220320.

กรวิทย์ เกื้อคลัง. (2561). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. **วารสารศึกษาศาสตร์**, 18(2), 124-135.

กรมวิชาการ. (2545). **การวิจัยเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. (2554). **การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบนำตนเองโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ.** ดุษฎีนิพนธ์ หลักสูตรศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

กิดานันท์ มะลิทอง. (2540). **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

กุลชลี จงเจริญ. (2561). **ภาวะผู้นำเชิงนวัตกรรม.** ชุดวิชานวัตกรรมการบริหารการศึกษา และภาวะผู้นำ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สืบค้นจาก https://www.stou.ac.th.

กุลริสา นาคนวล. (2560). โมเดลเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18. **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 19(4), 39-50.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). **ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2552). รูปแบบการเรียนบนเว็บเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมการเรียนด้วยการนำตนเองสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์. **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย**, 1(1), 119-131.

คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน. (2558). **การวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศสภาพนิติบัญญัติแห่งชาติ โครงการสัมมนาเรื่อง ทิศทางเทคโนโลยีการศึกษากับ Education 4.0.** คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรรยา ภูอุดม. (2544). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จรินยา นาหัวนิน. (2553). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

จาตุรนต์ ชุติธรพงษ์. (2553). **การจัดการความรู้เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมของบุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพของมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

จารุณี ชามาตย์. (2552). **การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับอุดมศึกษา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จตุพร สังขวรรณ. (2543). **การเป็นผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.** สืบค้นจาก http://www.southeast.ac.th

จิราพร นิลพันธ์. (2559). การรับรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และปรัชญาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีประสบการณ์ในการสอน และขนาดโรงเรียนต่างกัน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. **วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญทรรศน์**, 11(1), 29-39.

จิราภรณ์ อันทะนัย. (2555). **การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วยชุดการสร้างความรู้ เรื่อง แสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฑารัตน์ บันดาลสิน. (2557). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สู่นวัตกรรมการบริการพยาบาล. **วารสารพยาบาลทหารบก**, 15(3), 9-17.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. **วารสารฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ**, 8(1), 62-74.

ฉลอง ทับศรี. (2549). **คู่มือการออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design)**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล. (2560). **โครงการวิจัยเรื่องรูปแบบการพัฒนาครูฟิสิกส์มัธยมศึกษา ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการศึกษาบทเรียน.**

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชัยพร มิตรพิทักษ์. (2559). **การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) เรื่องสมบัติของธาตุ และสารประกอบ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชาลี จันทร์เรือง. (2558). **รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชน และกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์.** คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ. สภานิติบัญญัติแห่งชาติ.

ชูศรี สงค์รัตนะ. (2550). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 12. นนทบุรี: ไทเนรมิตกิจอินเตอร์โปเกรสซิฟ.

โชคศิลป์ ธนเฮือง. (2551). **การศึกษากระบวนการเมตะค็อกนิชั่น.** สถาบันนวัตกรรม และพัฒนากระบวนการเรียน ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ซาเมียร์ โอคาชา. (2549). **ปรัชญาวิทยาศาสตร์โดยสังเขป.** แปลโดย จุไรรัตน์ จันทร์ธำรง. กรุงเทพฯ: ศูนย์มนุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน).

ณภูผา โพธิมา. (2561). **โมเดลความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างตัวบ่งชี้ภาวะผู้ตามที่มีประสิทธิผลสำหรับครูสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น.** ดุษฎีนิพนธ์ หลักสูตรศึกษาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัยวิทยาเขตอีสาน.

ดารณี วิไทยสงค์. (2558). การรับรู้เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และปรัชญาวิทยาศาสตร์ของครูสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 26 มหาสารคาม. **วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์**, 5(2), 31-42.

ดวงกลมล เพิ่มพูนทวีทรัพย์. (2557). **นโยบายการส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประเทศสหรัฐอเมริกา.** สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำ กรุงวอชิงตัน ดีซี ประเทศสหรัฐอเมริกา (OSTC).

ตวง อันทะไชย. (2558). **สรุปการประชุมคณะกรรมาธิการการศึกษาและการกีฬา สมาชิกสภานิติบัญญัติแห่งชาติขับเคลื่อนแนวทางการปฏิรูปการศึกษา.** การประชุมครั้งที่ 27. สภานิติบัญญัติแห่งชาติ.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษณ์. (2524). **การทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2548ก). **รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2548ข). **เมนูจานเด็ด: แผนการจัดการเรียนรู้คัดสรร**. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

ทิศนา แขมมณี. (2554). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทองคูณ หงส์พันธุ์. (2533). **วิถีทางแห่งบัณฑิต การครองตน ครองคน และครองงาน.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

ธนพล วิศิษฐ์กิจการ. (2556). **สถานภาพนโยบายด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศแคนาดา.** สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัคราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2536). **หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา วัฒนธรรม และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**. ประมวล สาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1- 4. นนทบุรี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

นันทชา อัมฤทธิ์. (2559). **การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

น้ำเพชร กะการดี. (2560). **การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**.ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

นงนุช เอกตระกูล. (2558). **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** โรงเรียนอัสสัมชัญธนบุรี.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). **การพัฒนาการสอน.** กรุงเทพฯ: สุวิริยสาน์น

GRAD VRU

ปณิตา วรรณพิรุณ. (2551). **การพัฒนารูปแบบการเรียนบนเว็บแบบผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารญาณของนิสิตปริญญาบัณฑิต.** วิทยานิพนธ์ ค.ต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประคอง กรรณสูต. (2542). **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาร ไชยณรงค์. (2541). **การศึกษาความผิดพลาดทางมโนมติของวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตอีสานตอนล่าง 3 จังหวัด.** ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทการวิจัยประยุกต์ โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

ประชุม อัตชู. (2547). **ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทุม อังกูรโรหิต. (2543). **ปรัชญาปฏิบัตินิยมรากฐานปรัชญาการศึกษาในสังคมประชาธิปไตย.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประนอม มณีวงษ์. (2537). **การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร โดยการปรับใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ของทอร์แรนซ์ ฟอร์ม เอ.** ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). **การพัฒนาการคิด (ฉบับปรับปรุง).** กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปิยวรรณ มัธยมนันทน์. (2558). **การพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสภาพสมดุล โดยใช้ชุดกิจกรรมตาม แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

พรวัฒนา ศรีคำภา. (2550). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิต.** มหาวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ.** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส และชาญชัย ลิมปิยาภร. (2558). **การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ STEM ศึกษา**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

พิมพันธ์ เตชะคุปต์. (2544). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ:วิธี และเทคนิคการสอน.** กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์จำกัด.

ไพจิตร สดวกการ. (2543). เรียนผูกเรียนแก้ภูมิปัญญาไทยที่สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม. ปฏิรูปการศึกษา.

ภัสสร ติดมา. (2558). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา.มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มนชัย สิทธิจันทร์. (2547). **ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ (การศึกษาวิทยาศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

รักษ์ศิริ จิตอารี. (2559). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.** ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). **รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ "การจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับนักวิชาการ สสวท."** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.

ราวรรณ์ ทิลานันท์. (2558). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา.มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

รจพรรณ สุวรรณธัช. (2546). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบ 4 MAT System.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณพร ยิ้มงาม. (2551). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้ผังกราฟิกในวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย: เรื่องง่าย ๆ ซึ่งบางครั้งก็พลาดได้. **ข่าวสารการวิจัยการศึกษา**, 18(13), 8-11.

ศิวะ ปินะสา. (2556). **การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโมเมนตัมตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์. (2559). **รายงานประจำปี 2559**. สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน สทศ.

สังเวียน จรเกษ. (2555). **การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการคิดแบบโยนิโสมนสิการ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) ระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์. (2544). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สมนึก ภัททิยธนี. (2560). **การวัดผลการศึกษา.** ประสานการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546ก). **การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ :สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546ข). **คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560).** กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **สะเต็มศึกษา.** กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551.** กระทรวงศึกษาธิการ.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์**, 13(37), 119-132.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). **สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) รายงานการศึกษาคณิตศาสตร์ ในระดับโรงเรียน การพัฒนา ผลกระทบ ภาวะถดถอยในปัจจุบัน.** กระทรวงศึกษาธิการ.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2545). **ทฤษฎีการออกแบบการสอนในกระบวนทัศน์ใหม่.** ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์**.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). **21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.** กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สมพร หลิมเจริญ. (2552). **การพัฒนาหลักสูตรเสริมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 2**. ปริญญานิพนธ์ ก.ศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์. (2544). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์, (2541). **ความคิดสร้างสรรค์ หลักการทฤษฎีการเรียนการสอน การวัดประเมินผล**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

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

สวัสดิ์ บันเทิงสุข. (2543). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: แพร่วิทยา.

อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ. (2560). **ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์.** ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อนุชา โสมาบุตร. (2556). **แนวคิดการจัดการเรียนรู้สำหรับครูในศตวรรษที่ 21.** กระบวนวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก: https://teacherweekly.wordpress.com.

อพันตรี เหรียญวัน. (2545). **ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะการนำตนเองเพื่อการเรียนรู้เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ ก.ศ.ม. มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยี และวิศวกรรม คืออะไรในสะเต็มศึกษา. **นิตยสาร สสวท**., 42 (185), 35-37.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **นิตยสาร สสวท.,** (186), 3-5.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2560). **ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์. (2558). **รูปแบบการพัฒนาครูมัธยมศึกษาให้มีความสามารถด้านการออกแบบบทเรียน STEM Education โดยการศึกษาบทเรียนและเครือข่ายสังคมออนไลน์.** โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา.

อารี พันธ์มณี. (2545**). ความคิดสร้างสรรค์**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

อลงกต ใหม่ด้วง. (2557). เชื่อมโยงความคิดคณิตสะเต็ม. **นิตยสาร สสวท.**, 42(186), 16-20.

อุทัย แข็งกลาง. (2547). **ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดอุบลราชธานี.** ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

อุทิศ บำรุงชีพ. (2551). **รูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์.** ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา) สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anderson, R. D. (1999). **Developing Children's Thinking Through Science.** Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Bernie Trilling & Charles Fadel. (2009). **Partnership for 21 st Century Skills.** A Wiley Imprint. Jossey Bass.

Best and Kahn, J. V. (1993). **Research in Education 7th ed. Boston**: Allyn and Bacon.

Burrows, A., Breiner, J., Keiner, J. & Behm, C. (2014). Biodiesel and integrated STEM: Vertical alignment of high School biology/biochemistry and chemistry. **Journal of Chemical Education**, 1379 – 1389.

Corbett, K. (2013). **STEM Explore, Discover, Apply – Elective Courses that Use the Engineering Design Process to Faster Excitement for STEM in Middle School Students. National Integrated Cyber Education Research Center.** Retrieved from http:// scholar.google.com

Dillivan, K. D., & Dillivan, M. N. (2014). Student; interest in STEM disciplines: Results from a summer day cap. **Journal of Extension,** 52(1), 1-12.

Duffy, T. M. and D. J. Cunningham. (1996). **Constructivism: Implication for the Design and Delivery of Instruction.** pp. 170-195. in D. H. Jonassen (ed.). Handbook of Research for Educational Communications and Technology. New York : Macmillan Library Reference USA.

Garnett, J. C. (1919). General Ability, Cleverness And Purpose**. British Journal of Psychology**. 9(3-4), 345–366.

Guilford, J. P. (1967). **The Nature of Human Intelligence.** New York: McGraw-Hill.

Gunter, E., Mary, Thomas, H. & Schwab, J. (1995). **Instruction: A Models Approach.** Boston: Allyn and Bacon.

Hui – Hui Wang, et al. (2011). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. **Journal of Pre – College Engineering Education Research (J – PEER):** 2011(1), 1-13.

Johnson, K. A. and Foa, L. J. (1989). **Instructional Design: New Alternatives for Effective Education and Training.** New York: Macmillan Publishing company.

Joyce, B., and Weil, M. (2009). **Models of Teaching 8th ed.** Englewood Cliffs, New York: Prentice-Hall.

Lantz, H. B. (2009). **Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM), Education What Form? What Function?**. Retrieved from: http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf

Quang, L. T., Hoang, L. H., Chaun, V. D., Namm, N. H., Anh, N. T., Nhung. V. T. (2015). **Integrated Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education through active experience of designing technical toys in Vietnamese schools**. Doi: 10.9734/ BJESB/ 2015/ 19429

Sahin, A., Ayar, M., & Adiguzel, T. (2014). STEM related-school program activities and associated outcomes on student learning. **Educational Sciences: Theory & Practice.** 14(1), 309-322.

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.

Torrance E. P. and Mayer, R. E. (1972a). **Creative Learning and Teaching.** New York: Dood, Mead and Company.

Torrance, E. P. and Mayer, R. E. (1972b). **Rawarding Creativity Behavior.** New York: Prentice Hall.

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2013). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project - Based Learning (PBL) Environment. **International Journal of Science and Mathematics Education,** 23, 87 - 102.

GRAD VRU

ภาคผนวก

GRAD VRU

ภาคผนวก ก

รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบ

จากสภาพปัญหาในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาคุณภาพแรงงานในอนาคต ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะแรงงานด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถแข่งขันในระดับนานาชาติได้ และส่วนหนึ่ง พบว่า ด้านการศึกษาของไทยกำลังประสบปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง โดยเฉพาะด้านการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาการเรียนการสอนให้เยาวชน ให้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

แนวทางหนึ่งในการพัฒนาการศึกษาของไทยคือการนำสะเต็มศึกษามาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยมุ่งแก้ปัญหาในชีวิตจริง เสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการประกอบอาชีพที่ต้องใช้ความรู้ และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศไทย4.0 ที่มุ่งเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม โดยระบบการศึกษาตามแนวคิด Education 4.0 คือการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งมาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้ตอบสนองความต้องการของสังคม เน้นการแสวงหาความรู้ เรียนรู้ให้เกิดประโยชน์ ได้เหมาะสมกับตนเอง และสังคม

รูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาฯ ที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีกระบวนการสอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นปรับพื้นฐาน ขั้นระบุปัญหา ขั้นวางแผนการทำงาน ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน ขั้นการประเมิน เช็ค ปรับปรุง ขั้นการนำเสนอ และขั้นสรุป ซึ่งขั้นระบุปัญหาเป็นการกระตุ้นด้วยสถานการณ์ และขั้นตอนการปรับพื้นฐานเป็นกระบวนการสำรวจความรู้เดิม ทบทวนความรู้เพิ่มเติมจากกระบวนการสอนสะเต็มศึกษาของ สสวท. จึงทำให้การสอนแบบสะเต็มได้ประสิทธิภาพมากขึ้น

การวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เป็นการวิจัยตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ประยุกต์ร่วมกับกรอบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสุธีวิทยา จ.สระบุรี ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย รายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน และเงื่อนไขการนำไปใช้ มีดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์องค์ประกอบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที 5

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์องค์ประกอบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ สังเคราะห์แนวคิด หลักการ ทฤษฎี และแนวปฏิบัติต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นอย่างเป็นระบบโดยเป็นตัวแทน หรือสัญลักษณ์ที่บ่งบอก และสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ แนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นแก่นแท้ หลักการสำคัญ ๆ ของทฤษฎีการศึกษาคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionusm) ทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ Guiford และ แนวคิดของสะเต็มศึกษา (Stem Education) ซึ่งได้มีการนำแนวคิดหลักการ ทฤษฎี และแนวปฏิบัติดังกล่าว มาวิเคราะห์ สังเคราะห์ ดังข้อมูลในบทที่ 2 และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ มาเป็นองค์ความรู้ใหม่ภายใต้แนวคิดสู่โครงร่างหลักในการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ฯ ซึ่งหลังจากที่ศึกษารูปแบบ ขั้นตอน แนวคิด การออกแบบกิจกรรม วิธีการประเมินผล รวมทั้งได้นำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบ ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิด สะเต็มตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ซึ่งปรากฏผลดังนี้

1) ข้อมูลพื้นฐาน

2) สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

3) สภาพปัญหา และข้อมูลพื้นฐานของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

4) สังเคราะห์องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ส่วนที่ 2 ขั้นตอนการเรียนการสอน และส่วนที่ 3 แผนกำกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การสร้างรูปแบบการเรียนการสอน

วัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดรูปแบบการเรียนการสอนและโครงสร้างรูปแบบการเรียนการสอน

วิธีดำเนินการ ผู้วิจัยนำข้อมูลพื้นฐานและหลักเกณฑ์การสร้างรูปแบบการสอนมาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ประกอบด้วย 13 องค์ประกอบ ซึ่งโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ สำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนสำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4) หลักการของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5) กิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6) บทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

7) ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสรรค์เชิงนวัตกรรม

8) สื่อการเรียนการสอนหรือทรัพยากรการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

9) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

10) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

11) การวัดและประเมินผลการเรียน

12) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

13) ระบบสนับสนุน

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เนื้อหาวิชาฟิสิกส์สำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การศึกษาวิชาฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎี กฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ โดยเน้นทักษะในการศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี จนสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการนำหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ ทั้งเชิงความคิด เชิงการปฏิบัติ และตระหนักในอิทธิพลของสังคมที่มีต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉะนั้น เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในรายวิชาฟิสิกส์นั้น ควรมีลักษณะเนื้อหาวิชา ดังนี้

- เนื้อหาที่เน้นการสังเคราะห์และออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีกิจกรรมการเรียนการสอนที่สำคัญ คือการสร้างสรรค์ผลงาน จึงจำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการจุดประกาย การคิดออกแบบสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ และค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ต้องการควบคู่ไปกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

- เนื้อหาวิชาที่เน้นการจัดการโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ใกล้ตัวอยู่ในชีวิตประจำวัน ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์เดิม รวมทั้งความคิดสร้างสรรค์ในการวิเคราะห์ ออกแบบ แก้ปัญหาเชิงเทคนิคของชิ้นงาน กระบวนการ จนเกิดนวัตกรรม โดยเริ่มจากการรวบรวมความรู้หรือเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ โดยใช้ความสามารถทางความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลายและความแตกต่างไปจากเดิม ตลอดจนการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหานั้น อย่างมีเหตุผลและมีความเหมาะสมที่สุด โดยเน้นระเบียบวิธีการทางเทคโนโลยี และวิศวกรรม ซึ่งเป็นการกระทำที่ก่อให้เกิดการออกแบบ การผลิต และการใช้งานสิ่งของหรือกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยมีหลักการเชิงเทคนิค และเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีระเบียบแบบแผน ถูกต้องและเชื่อถือได้ และอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และประสบการณ์เดิม

การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

A แทน เนื้อหาที่นักเรียนสามารถค้นคว้า ลงมือ ปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

B แทน สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

C แทน สามารถพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม

D แทน สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสาร

E แทน เน้นการสังเคราะห์และออกแบบทางวิศวกรรม

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

บทที่	เนื้อหา	เกณฑ์การประเมิน					ความเหมาะสม
		A	B	C	D	E	
1	บทนำ		✓	✓			ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ปูพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์
2	การเคลื่อนที่แนวตรง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
3	แรงและกฎการเคลื่อนที่	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
4	การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
5	งานและพลังงาน	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
6	โมเมนตัมและการชน	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
7	การเคลื่อนที่แบบหมุน	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
8	สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
9	คลื่นกล	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
10	เสียง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
11	แสงและทัศนอุปกรณ์	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
12	แสงเชิงฟิสิกส์	✓	✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม
13	ไฟฟ้าสถิต	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
14	ไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
15	ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม

ตารางที่1 (ต่อ)

บทที่	เนื้อหา	เกณฑ์การประเมิน					ความเหมาะสม
		A	B	C	D	E	
16	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า		✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริง และไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม
17	ของไหล	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
18	ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	✓	✓	✓	✓	✓	มีความเหมาะสม
19	ฟิสิกส์อะตอม		✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริง และไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม
20	ฟิสิกส์นิวเคลียร์		✓	✓	✓		ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเนื้อหาไม่สามารถปฏิบัติได้จริง และไม่สามารถสร้างชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน กำหนดให้สอดคล้องกับความจำเป็นในการวิจัย โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนไว้เพื่อให้ผู้เข้ารับการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนวิชาฟิสิกส์ฯ จะมีความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงออกจากนวัตกรรมที่สร้างขึ้น 5 ประเด็น คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ และประโยชน์ของผลงานสามารถนำไปใช้ได้จริง

2.1) วัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- ระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา
- รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- การวางแผนการทำงาน การแก้ปัญหา
- วิเคราะห์แต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
- ประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนด
- การออกแบบผลงาน สร้างต้นแบบ หรือแบบจำลอง เพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด
- ประเมินผลงานต้นแบบ หรือแบบจำลอง
- ปรับปรุงพัฒนาต้นแบบ หรือแบบจำลอง
- ประยุกต์ใช้ต้นแบบ หรือแบบจำลอง
- เขียนและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

2.2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการออกแบบผลงานสร้างสรรค์

- สามารถออกแบบผลงานอย่างสร้างสรรค์

2.3) วัตถุประสงค์ด้านกระบวนการเรียนรู้

- พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ให้สูงขึ้น ตามวิธีของธรรมชาติและประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน

3) แนวคิดของรูปแบบในการจัดการสอน สำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กำหนดโดยศึกษาจากแนวคิดที่เกี่ยวกับการจัดกระบวนการสอนที่สอดคล้องกับความจำเป็นของรูปแบบการสอน ศึกษาแนวคิดสะเต็ม ทฤษฎีเรียนรู้คอนสตรัคชันนิซึม ทฤษฎีพัฒนาการด้านสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ Guiford ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ของเดวิด เพอร์กินส์ นำมาบูรณาการในรูปของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม และเป็นแนวทางในการกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน ดังนี้

3.1) รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันโดยผ่านวิทยาการจัดการเรียนรู้ที่มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเน้นการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มีการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยการบูรณาการ

แบบข้ามวิชา เป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนแก้ปัญหา หรือทำโครงงานซึ่งต้องประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะจากศาสตร์ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้หลักการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือกระทำ (Active learning) การเรียนรู้ที่เกิดจากการร่วมมือ (Collaborative learning) มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของ Cognitive Constructivism

3.2) ทฤษฎีเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Cognitive Constructivism) มีแนวคิดจากความพยายามที่จะเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม กับประสบการณ์ใหม่ ด้วยกระบวนการที่พิสูจน์อย่างมีเหตุผล เป็นความรู้ที่เกิดจากการไตร่ตรองเป็นปรัชญาปฏิบัตินิยม เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่ปลูกสร้างขึ้นโดยผู้เรียน ผู้เรียนใช้ความรู้ และประสบการณ์ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งการเรียนรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก รูปแบบการทำความเข้าใจในสมอง ซึ่งปัญญาเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขยาย ซับซ้อนขึ้นได้โดยผ่านกระบวนการดูดซึม และการปรับเปลี่ยน โดยครูมีหน้าที่จัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง

3.3) ทฤษฎีพัฒนาการด้านสติปัญญาของเพียเจต์ เสนอแนวคิดในการศึกษาลักษณะของผู้เรียนในการพัฒนาสติปัญญา

3.4) ทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ Guiford พบว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น บุคคลจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในลักษณะหลายทิศทาง ทำให้ได้คำตอบที่แปลกใหม่ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องมีความสามารถด้านความรู้ ขั้นตอนการเสนอวิธีการปฏิบัติต้องมีความคิดแบบเอกนัย และแบบอเนกนัย ส่วนการตรวจสอบผลลัพธ์ ต้องมีความสามารถด้านการประเมินค่า

3.5) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือการคิดแบบอเนกนัย เป็นการคิดได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม ซึ่งประกอบด้วยความสามารถของการคิด 4 ประการคือ การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม การคิดละเอียดลออ

3.6) แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ของเดวิด เพอร์กินส์ เสนอวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยยึดหลักว่างานสร้างสรรค์ทุกชนิดทั้งที่เป็นรูปธรรม เช่น สิ่งประดิษฐ์ และนามธรรม เกิดขึ้นจากมูลเหตุจูงใจในการออกแบบของผู้ประดิษฐ์คิดค้น ดังนั้นการวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ในแง่การออกแบบจะทำให้เข้าใจสิ่งนั้นอย่างลึกซึ้ง สามารถอธิบายเหตุผลประกอบการออกแบบนั้นได้ และมองเห็นจุดที่จะนำไปพัฒนาปรับปรุงอย่างสร้างสรรค์

3.7) แนวคิด Osborn ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการของมนุษย์ที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาและนำไปสู่ผลผลิตที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ ซึ่งจะประสบความสำเร็จได้ต้องมีความอุตสาหพยายาม

3.8) แนวคิด DeBono ความสามารถในการคิดนอกกรอบ เพื่อสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาได้หลาย ๆ แนว และคิดในกรอบเพื่อตรวจสอบ และพิสูจน์

จากแนวคิดนี้กระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นไปในรูปแบบที่ทำให้นักเรียนสร้างความรู้จากการร่วมมือกัน (Collaborative Learning) และเป็นการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล

4) หลักการของรูปแบบในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การกำหนดหลักการของรูปแบบ กำหนดตามจากข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัย และแบบสัมภาษณ์ ที่เกี่ยวข้องมากำหนดหลักการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักในรายวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เริ่มต้นจากปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในปัญหานั้น ๆ ซึ่งจะช่วยจุดประกายความคิดสร้างสรรค์ได้มากกว่าการเรียนที่เริ่มจากทฤษฎี และปัญหาที่นำมาควรเป็นปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์รวมทั้งความคิดสร้างสรรค์ในการวิเคราะห์ ออกแบบและแก้ปัญหาเชิงเทคนิคของชิ้นงาน และกระบวนการ

นอกจากนี้ ควรกำหนดกลยุทธ์การเรียนการสอนให้หลากหลายเพื่อกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ดังนี้

4.1) พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผ่านกิจกรรมการสอนแบบสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาขึ้น ดังนี้

มิติการปฏิบัติการเป็นกระบวนการด้านความคิด

4.1.1) ขั้นปรับพื้นฐาน ผู้เรียนต้องระลึกถึงประสบการณ์ที่ผ่านมา

4.1.2) ขั้นระบุปัญหา ผู้เรียนถูกกระตุ้นความคิดจากคำถามปลายเปิด ยั่วยุและได้ฝึกความสามารถให้เข้าใจปัญหาและสิ่งที่พบเห็น ด้วยการฝึกสำรวจ ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ ระบุปัญหา คำจำกัดความของปัญหา ฝึกให้ให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น ความรู้สึกจากเรื่องที่อ่าน ฟัง และมองเห็น ฝึกคิดเชิงบวก แสวงหาประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

4.1.3) ขั้นการวางแผนการทำงาน ผู้เรียนฝึกการระดมสมอง การวิเคราะห์ปัญหา แจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้น องค์ประกอบของปัญหา สาเหตุของปัญหา นำความรู้จากใบความรู้และข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมาอย่างเพียงพอ มีกิจกรรมฝึกความคิดแบบอเนกนัยเพื่อหาคำตอบกว้าง ๆ หลายแง่ หลายมุม ฝึกคิดนอกกรอบ และความคิดแบบเอกนัย ฝึกให้คิดแบบมีขั้นตอนหาคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และฝึกประเมินสถานการณ์หรือผลที่อาจจะเกิดขึ้น

4.1.4) ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน นักเรียนได้ฝึกคิดในกรอบ ฝึกความอดทนการทำงาน การลองผิดลองถูก และความล้มเหลว

4.1.5) ขั้นการประเมินเช็ค ปรับปรุง มีกิจกรรมฝึกด้านการประเมินค่า เสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ ประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนด และเสนอวิธีการปรับปรุง

4.1.6) ขั้นนำเสนอ ผู้เรียนได้ฝึกแสดงความคิด ความรู้สึกโดยการเขียนบรรยาย พรรณนา

4.1.7) ขั้นสรุป ผู้เรียนได้สรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนโดยใช้ผังความคิด

มิติผลผลิต ผู้เรียนได้ฝึกการแปลงรูป ให้เกิดเป็นรูปแบบใหม่ โดยอาศัยความรู้เดิม พลิกเพลงไปจากเดิม ฝึกการพัฒนารูปแบบให้เกิดประโยชน์มากกว่าเดิม การฝึกการผสมผสานความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ

มิติด้านเนื้อหา ผู้เรียนได้รับการฝึก การรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 4 ประเภท ได้แก่รูปภาพ ภาษา สัญลักษณ์ พฤติกรรม

4.2) จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเรียนรู้จากปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้คำถามกระตุ้น จากกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดจนสามารถระบุปัญหา องค์ประกอบของปัญหา เงื่อนไขข้อจำกัด ขอบเขต การวางแผน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การดำเนินงานการปฏิบัติการแก้ปัญหาและการประเมิน เช็ค ปรับปรุง จนนำไปสู่นวัตกรรม โดยใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ทักษะวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางเทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเข้ามาใช้ มาจัดเก็บข้อมูลวิเคราะห์ นำเสนอ อย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาพฤติกรรม ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น มีผลทำให้ผู้เรียน มีความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันที่มีประโยชน์ต่อสังคม

4.3) ประเมินตามสภาพจริงด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยจัดให้นักเรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมิน ครูประเมินเป็นระยะ ได้แก่

4.3.1) พฤติกรรม จากแบบสอบถามเป็นระยะ เพื่อดูการพัฒนาในประเด็นการระบุปัญหา การวางแผนการทำงาน การแบ่งหน้าที่การทำงาน การมีส่วนร่วมในการทำงาน การช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม การควบคุมสถานการณ์การทำงาน และความสามารถในการปฏิบัติงาน

4.3.2) ทักษะการใช้เทคโนโลยี จากการสังเกต ในประเด็นการสืบค้นข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอ

4.3.3) ทักษะการสื่อสาร จากการสังเกตในประเด็นการเขียนบทความ การนำเสนอ สามารถทำให้ผู้อื่นเข้าใจในสิ่งที่ตนเองนำเสนอได้

4.3.4) ทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม จากการสังเกต ในประเด็น ในการวางแผนการทำงาน การออกแบบ การสร้างนวัตกรรม การประเมินผล และการปรับปรุงนวัตกรรม

4.3.5) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จากแบบสอบถาม ประเด็นการนำความรู้ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ความสนใจใฝ่เรียนรู้ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน เพียรพยายาม ความมีเหตุผลความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง

4.3.6) ด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยประเมินจากผลงาน ในประเด็นความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ประโยชน์สามารถนำไปใช้ได้จริง

4.3.7) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแบบทดสอบหลังเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

4.4) กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ควรแทรกทุกกิจกรรม ซึ่งต้องใช้เวลาและต่อเนื่อง มีดังนี้

4.4.1) กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนการเรียนเป็นรายบุคคล ได้แก่ การใช้กรณีตัวอย่าง (case study) การใช้คำถาม การคิดประดิษฐ์ (inventive thinking) และการเขียนแผนผังทางปัญญา (mine mapping)

4.4.2) กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนการเรียนเป็นรายกลุ่ม ได้แก่ การระดมสมอง (Brain stoming)

4.5) บทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมดังนี้

GRAD VRU

ตารางที่ 2 แสดงบทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1. เป็นผู้จัดการเรียนการสอน วางแผนในการเตรียมความพร้อมเพื่อการเรียนการสอนล่วงหน้า โดยมีกิจกรรมที่แปลกใหม่ หลากหลาย กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อำนวยความสะดวก ติดตาม ควบคุม และตรวจสอบกิจกรรมการเรียนการสอน ประเมิน และให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนทุกขั้นตอน ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางในการเรียน ให้คำปรึกษาตลอดจนกระตุ้น ให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหา คิดหาเหตุผล คิดยืดหยุ่น คิดแปลกใหม่ จนเกิดเป็นนวัตกรรม และสร้างแรงจูงใจในการเรียนแก่ผู้เรียนตลอดการเรียนการสอน โดยผู้สอนจะสวมบทบาทเป็นหัวหน้ากลุ่มทุกกลุ่ม จากสถานการณ์จำลองที่กำหนดให้ 2. เตรียมวิธีการกระตุ้น การแสดงออกของผู้เรียน ให้เหมาะสมกับระดับความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ ผ่านกระบวนการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็นกระหายใคร่รู้ 3. ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม มีใจเปิดกว้าง ในการพยายามคิดแก้ปัญหา เชื่อมั่นในตนเองและพึ่งความรู้สึกนึกคิดหรือการตัดสินใจตนเอง และฝึกการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของผู้เรียนแต่ละคนโดยผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้การสนับสนุน และดูแลกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามขั้นตอนและกิจกรรมที่กำหนดไว้ 4. สร้างแรงจูงใจในการเรียน (Motivation) ให้การเสริมแรง (Reinforeement) และการสอบถามปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งคอยช่วยเหลือผู้เรียน เมื่อผู้เรียนต้องการ	1. ต้องกำหนดเป้าหมายในการทำงานและมีวิธีการที่จะบรรลุเป้าหมาย การทำงานอย่างประสบความสำเร็จและเรียนรู้อย่างมีความสุข 2. ต้องมีความกระตือรือร้นในการเรียน (Active Learner) ในการแสวงหาคำตอบ นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ด้วยความรู้เดิมที่มีอยู่ และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 3. มีส่วนร่วมในการทำงานกันเป็นกลุ่ม แบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน และยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มเพื่อพยายามออกแบบสร้างนวัตกรรมในการแก้ปัญหา

บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
5. ควรจัดสภาพแวดล้อม และบรรยากาศให้เอื้อต่อการสนับสนุนและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของผู้เรียน ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางกายภาพโดยการจัดเตรียมทรัพยากรการเรียนที่สนับสนุน และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ทางจิตภาพ โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีอิสระทางความคิด และการกระทำ ให้ผู้เรียนพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ด้วยมุมมองที่หลากหลายให้ความอบอุ่น และสนใจต่อปัญหาของนักเรียน สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง และมีการยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงได้ตลอดจนสภาพแวดล้อมทางสังคม โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกัน รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอน ผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 6. กำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนให้เพียงพอต่อการคิดไตร่ตรอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิด และเกิดประสบการณ์ รวมทั้งเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง 7. สนับสนุนให้ผู้เรียนใช้ความคิด และตั้งคำถามที่แปลกๆ โดยตั้งใจฟัง และเอาใจใส่ต่อความคิดแปลก ๆ ของผู้เรียนด้วยใจเป็นกลาง ตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวา ชี้แนะให้ผู้เรียนหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง 8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้จิตนาการของตนเอง โดยยกย่องเมื่อผู้เรียนใช้จินตนาการที่แปลกมีคุณค่า 9. ยอมรับคุณค่า และความสามารถของผู้เรียนอย่างไม่มีเงื่อนไข 10. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง อย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ 11. ไม่ควรกำหนดแบบเพื่อให้ทุกคนมีความคิดและบุคลิกภาพเดียวกัน 12. ไม่ควรสนับสนุนหรือให้รางวัลเฉพาะผลงานที่ยอมรับกันแล้ว ควรให้ผลงานแปลกใหม่มีโอกาสได้รับรางวัล	4. เรียนรู้ ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง อย่างต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ 5. แสดงความคิดเห็นต่อปัญหา คำถาม และการทำงานกลุ่ม

ในการออกแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ครูผู้สอนควรออกแบบการสอนให้สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ และรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนานาความคิดสร้างสรรค์ของคนเองได้อย่างเต็มตามศักยภาพ ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนรู้จากประสบการณ์จริงเชิงรูปธรรม และทดลองปฏิบัติ และแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริงในสถานการณ์ที่ท้าทายใหม่ ๆ แต่ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ มักจะเน้นการหาข้อมูลจากบุคคลอื่น ๆ มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยตนเอง ชอบเรียนรู้แบบคิดไปทำไป

บทบาทผู้สอน และบทบาทของผู้เรียนตามกระบวนการสอนตามหลักการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ โดยมีรายละเอียดกระบวนการสอนมีดังนี้

4.5.1) ขั้นปรับพื้นฐาน (Adjust Knowledge) เป็นขั้นสำรวจความรู้เดิมจากการสอบก่อนเรียน หรือจัดฐานเพื่อทดสอบความรู้พื้นฐาน โดยนักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากสื่อเทคโนโลยี เพื่อทบทวนความรู้เดิม เพิ่มความรู้พื้นฐานที่จำเป็นและความรู้เรื่องสะเต็ม

4.5.2) ขั้นระบุปัญหา ให้คำจำกัดความของปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นการแบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อทำกิจกรรมกลุ่ม และกระตุ้น ท้าทายนักเรียนด้วย คำถาม และนำเสนอกรณีศึกษาสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันใกล้ตัวทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาของสังคม ณ ขณะนั้น หรือบางส่วนของปัญหาจริงในปัจจุบัน หรือเป็นรูปธรรมที่เข้าใจง่าย ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา จนเกิดความคิดที่หลากหลาย เกิดความเข้าใจอธิบายเหตุการณ์ได้ โดยนักเรียนระบุวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ความต้องการในการออกแบบ สมมุติฐานเพื่อแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ และระบุปัญหาจากเหตุการณ์ ประเด็นปัญหาหลัก ปัญหารอง องค์ประกอบของปัญหา สาเหตุ วิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา และแยกแยะข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา เงื่อนไข และเกณฑ์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาและแยกแยะข้อมูลต่าง ๆ ให้ครอบคลุมหาแนวทาง คำตอบใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยอ้างอิงหลักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี ด้วยความเป็นเหตุเป็นผลอย่างถูกต้องเหมาะสม และเขียนรายละเอียดวิธีการแก้ปัญหา สิ่งที่ควรจะนำมาใช้การแก้ปัญหาหรือออกแบบ โดยการกำหนดโจทย์ปัญหาไม่ควรจำกัดกรอบการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนหาคำตอบได้หลากหลายวิธีการ หากปัญหาในอดีตยังเป็นเป็นปัญหาที่น่าสนใจ อาจจะใช้ปัญหาในอดีต

4.5.3) ขั้นการออกแบบและวางแผนการทำงาน (Design and Planning)

]เป็นขั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระดมพลังสมอง และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการค้นหารวบรวมข้อมูลกับประเด็นปัญหา โดยค้นหา รวบรวมข้อมูลเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาดังกล่าวจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับข้อมูลหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ตามหลักคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี ความเป็นเหตุเป็นผลมาวางแผนการทำงานการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีจำกัด เงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด และบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน ให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพหรือบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อใช้ในการอ้างอิงตามหลักวิชาการ และนำแผนการทำงานมาปฏิบัติ สร้างนวัตกรรมตามแผนงานที่วางไว้ โดยสร้างแบบจำลองความคิด,โมเดล,ตารางการทำงาน มีการกำกับติดตามการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นนวัตกรรมขึ้น ซึ่งการดำเนินการด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยกำหนดลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

4.5.4) ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (Implementation) เป็นการสร้างชิ้นงานจากแบบจำลองความคิด โมเดล โดยผ่านการทดลอง การลงมือทำด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ให้เกิดเป็นนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จากเงื่อนไข ทรัพยากรที่มีจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งผู้เรียนจะได้ความรู้จากการปฏิบัติ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญตามแนวทางของคอนสตรัคชันนิซึม โดยมีขั้นตอน การสืบค้น (Searching) เพื่อค้นหาสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อผลงานที่สร้างขึ้น และ การทดลองทำ เป็นการลงมือปฏิบัติ (Hand-on) ซึ่งผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยการทำจริง (Creating by Making) โดยการลองผิดลองถูกเพื่อค้นหาคำตอบที่ถูกต้องในการสร้างผลงาน ผลงาน (Product) เป็นผลงานที่สร้างขึ้นเป็นรูปธรรมผ่านกระบวนการลองผิด ลองถูก ทดลองทำ

4.5.5) ขั้นการประเมิน เช็ค และปรับปรุง (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นการประเมินจากผลการแก้ปัญหา ทดสอบ เช็คจากการใช้งานได้จริงให้มีความเหมาะสม และประโยชน์จากผลงาน และปรับปรุงนวัตกรรมรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาจากการเสริมแต่งความคิดใหม่หลังประเมินแล้ว จนนวัตกรรมเป็นที่พอใจ มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น ใน เวลา และทรัพยากรที่จำกัด

4.5.6)ขั้นการนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นการนำเสนอแนวคิด ขั้นตอนในการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยนำผลงานจัดทำ STEM SHOW ให้ครู และเพื่อนนักเรียนมาชมแล้วตอบคำถาม เพื่อฝึกทักษะในการสื่อสาร

4.5.7) ขั้นสรุป (Knowledge) เป็นขั้นสรุปบทเรียน ความรู้เก่าและความรู้ใหม่ที่ได้ โดยร่วมกันสร้างผังมโนทัศน์กันระหว่างครูและนักเรียน

โดยบทบาทผู้สอนและผู้เรียนควรเป็นดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงบทบาทผู้สอน และบทบาทของผู้เรียนตามกระบวนการสอนตามหลักการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมฯ มีดังนี้

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1) ขั้นปรับพื้นฐาน (Adjust Knowledge)	1. ผู้สอนจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และบรรยากาศในการเรียนให้เหมาะสมกับผู้เรียน ลักษณะเนื้อหาและวิธีการสอน 2. ผู้สอนสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้เรียน ให้คำปรึกษาทุกขั้นตอนการสอน 3. ผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เนื้อหาวิชา แนะนำรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอน วิธีการเรียนการสอนที่ส่งเสริมกระบวนการติดตาม และการประเมินผล 4. ผู้สอนนำเสนอบทเรียน สถานการณ์จำลอง กรณีศึกษา ประเด็นสำคัญของบทเรียนด้วยวิธีการสอนต่าง ๆ เพื่อเร้าความสนใจในการเรียนรู้ ดังนี้ 1) เล่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนให้น่าสนใจ 2) ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนควรเป็นตัวอย่างที่เข้าใจง่าย ใกล้ตัว มีความทันสมัย 3) ถาม-ตอบเพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของผู้เรียนได้อย่างดี 4) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับบทเรียนให้น่าสนใจ 5) ยกตัวอย่างประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ 6) สาธิตการปฏิบัติการออกแบบและประดิษฐ์คิดค้นที่สร้างสรรค์ 5. ผู้สอนใช้เทคนิคการสอนต่าง ๆ กระตุ้น สร้างแรงจูงใจในการเรียน ให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สรุปความคิด ด้วยการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกคิดเช่น คิดริเริ่ม คิดคล่องแคล่ว คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และนวัตกรรม	1. ตอบคำถาม และแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันระหว่างเพื่อนกับเพื่อน และผู้เรียน กับผู้สอน 2. แสดงความคิดเห็น ต่อ คำถามที่ครูกระตุ้นให้กับผู้เรียน

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1) ขั้นปรับพื้นฐาน (Adjust Knowledge)	ได้จริง ตามข้อเท็จจริงและประสบการณ์ของผู้เรียน สามารถตรวจสอบความรู้ความสามารถของตน ด้วยวิธีการดังนี้ 1) ยกตัวอย่างการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่กับมโนทัศน์ที่ให้ไว้ล่วงหน้า ตามแนวคิดสะเต็มไปใช้จริง 2) ยกตัวอย่างปัญหาเป็นคำถามนำในการเรียน 3) ยกตัวอย่างนวัตกรรมที่ได้รับรางวัลเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 4) เล่าประวัติบุคคลที่ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์นวัตกรรม 6. สำรวจความรู้เดิม จากการสอบก่อนเรียน, จัดฐานเพื่อทดสอบความรู้พื้นฐาน หรือใช้เทคนิคกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้เดิม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของตนได้	
2) ปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา (Problem Identification)	1. แบ่งกลุ่มผู้เรียนให้คละความสามารถจากแบบทดสอบก่อนเรียน กลุ่มละ 4-5 คน 2. นำเสนอกรณีศึกษา เป็นปัญหาใกล้ตัวสามารถเข้าใจได้ทันทีหรือกรณีที่เป็นปัญหาของสังคม ณ ขณะนั้น 3. ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ในการสอนแต่ละคาบการเรียนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ การใช้คำถาม การระดมสมอง การสอนให้คิดประดิษฐ์ การเขียนแผนผังทางปัญญา	1. ระดมสมองทำความเข้าใจปัญหา 2. ศึกษา วิเคราะห์ความเข้าใจข้อมูล สืบค้นข้อมูล หรือความรู้ใหม่และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม เพื่อระบุปัญหา

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
2) ปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา (Problem Identification)		3. สรุปประเด็นปัญหา เปรียบเทียบ ประเมินค่า จัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาจากการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ของกลุ่ม เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับประเด็นต่างๆ โดยใช้เทคนิคที่ส่งเสริมกระบวนการคิดหลาย ๆ วิธี 4. เขียนปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา ขอบข่ายของปัญหา 5. บอกสาเหตุของปัญหา 6. แลกเปลี่ยนเรียนรู้ แนวคิด ประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

GRAD VRU

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
3) การออกแบบ และวางแผนการทำงาน (Design and Planning)	1. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการค้นหา และรวบรวมข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ รวมทั้งการใช้เครื่องมือในเว็ปไซต์ในการค้นหาข้อมูล 2. อธิบายวิธีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับข้อมูลเพื่อวางแผนการแก้ปัญหา 3. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการระบุวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา กำหนดเงื่อนไข เกณฑ์ในการแก้ปัญหา 4. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการเขียนวิธีการแก้ปัญหา และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในกลุ่ม 5. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบ	1. ค้นหา รวบรวมข้อมูลสารสนเทศข้อเท็จจริง ความรู้และหลักการต่าง ๆ จากแหล่งความรู้ที่หลากหลายและตรวจสอบข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์หาขั้นตอนวิธีการคิดแก้ปัญหา กลยุทธ์การคิดร่วมกันจนหาคำตอบหรือแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับประเด็นต่าง ๆ 2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับข้อมูลเพื่อการวางแผนการแก้ปัญหาทาง 3. เขียนวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา 4. กำหนดเงื่อนไขในการแก้ปัญหา 5. กำหนดเกณฑ์ในการแก้ปัญหา 6. เขียนวิธีการ ขั้นตอน วิธีการแก้ปัญหาวิเคราะห์ข้อมูลที่มีให้เหมาะสมตามเงื่อนไขและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และแบ่งหน้าที่การทำงานในกลุ่ม

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
3) การออกแบบและวางแผนการทำงาน (Design and Planning)		7. สร้างต้นแบบ ตามที่ผู้เรียนได้ออกแบบไว้ตามเงื่อนไขที่กำหนด
4) ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (Implementation)	1. กระตุ้นนำสนทนาปัญหาและอุปสรรคในการสร้างชิ้นงาน 2. แนะนำสื่อ เว็ปไซต์ ที่เป็นประโยชน์ 3. แนะนำช่วยเหลือ	1. สืบค้นความรู้ด้วยตนเอง 2. ระดมสมอง และรวมกลุ่มเพื่อลงมือปฏิบัติ 3. แลกเปลี่ยนเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกัน
5) ขั้นการประเมิน เช็ค และปรับปรุง (Testing, Evaluation and Design Improvement)	1. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการประเมินต้นแบบหรือแบบจำลอง 2. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการปรับปรุงพัฒนาต้นแบบหรือแบบจำลอง	1. ประเมินต้นแบบ หรือแบบจำลองด้วยตนเอง ของเพื่อน วิพากษ์การออกแบบผลงานของเพื่อน ๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนด 2. ปรับปรุงพัฒนาต้นแบบหรือแบบจำลองจนได้ผลงานที่พอใจ ในเวลาที่จำกัด 3. เขียนวิธีการประยุกต์ใช้ต้นแบบหรือแบบจำลอง

กระบวนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
6) ขั้นการนำเสนอ (Presentation)	1. ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนเสนอแนวคิดที่ได้จากการสร้างสิ่งประดิษฐ์ การหาความรู้ที่ได้จากการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันด้วยตนเอง 2. ผู้สอนควรเสริมแรงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยวิธีการดังนี้ 1) ให้คะแนน 2) ให้คำชมเชย 3) ให้ตรวจสอบความรู้ความสามารถของตนเอง 4) ท้าทาย 5) ให้รางวัล ควรเน้นให้เกิดการเสริมแรงภายใน แรงจูงใจภายในตัวผู้เรียน 3. ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ ปัญหา อุปสรรค นี้เกิดขึ้น และการแก้ปัญหา ระหว่างการจัดการเรียนการสอน ความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนอย่างไร	1. ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอผลงานของตนเองด้วยวิธีการดังนี้ 1) นำเสนอหน้าชั้นเรียน 2) จัดทำโปสเตอร์เสนอผลงาน 3) นำเสนอบนเว็บ โดยมีวิธีการนำเสนอหลายช่องทางเพื่อพัฒนาตนเองและเผยแพร่ความรู้แก่ผู้อื่น 2. ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอปัญหา อุปสรรค และการแก้ปัญหา ในการทำกิจกรรม และความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
7) ขั้นสรุป (Knowledge)	ร่วมกับนักเรียนสรุป ความรู้ที่ได้จากกิจกรรม จนเกิดเป็นความรู้ใหม่	1. ผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้จากกิจกรรม จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ 2. ผู้เรียนร่วมกันระดมสมองทำผังมโนทัศน์

4.6) ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสรรค์เชิงนวัตกรรม

ในการกำหนดระยะเวลาและจำนวนคาบการเรียนในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ควรกำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนให้เพียงพอต่อการคิดไตร่ตรอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิด ประสบการณ์และภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง และสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความสามารถ ในการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนี้

4.6.1) จำนวนคาบการเรียนในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ใน 1 ภาคการศึกษา ใช้เวลาประมาณ 36 คาบ การเรียน ซึ่งในแต่ละคาบการเรียนควรทำกิจกรรมการเรียนการสอนให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดไว้

4.6.2) ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมใน 1 ภาคการศึกษา โดยใช้เวลาประมาณ 12 สัปดาห์

4.7) สื่อการเรียนการสอนหรือทรัพยากรการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

สื่อการเรียนการสอนหรือทรัพยากรการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมมีดังนี้

4.7.1) สื่อการเรียนการสอนในห้องเรียนได้แก่

- เอกสาร หนังสือและตำราประกอบการเรียนที่ส่งเสริมการศึกษาด้วยตนเอง
- ใบความรู้ประกอบการสอน
- คลิปวิดีโอ
- ภาพนิ่งเน้นการนำเสนอแนวความคิดในการออกแบบการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมเชิงสร้างสรรค์
- ใบกิจกรรม เน้นการถาม ตอบ เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา และฝึกปฏิบัติ การวางแผนการทำงาน การออกแบบ กระบวนการทำงาน การประเมิน และการวางแผนปรับปรุงชิ้นงาน

4.7.2) แหล่งข้อมูลเพื่อค้นหาและรวบรวมสารสนเทศ ได้แก่

- แหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต
- ฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์
- ห้องสมุดโรงเรียน
- บุคคลและผู้รู้ในศาสตร์นั้น เช่นผู้เชี่ยวชาญ นักประดิษฐ์ในชุมชน
- การสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อรับทราบประสบการณ์จริง

- การศึกษาดูงานนอกสถานที่ หน่วยงานภายนอก ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเห็นแนวทางในการสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ ๆ ได้ดีขึ้น

การพิจารณาข้อมูลสารสนเทศที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ได้แก่ ความถูกต้องของข้อมูล การกลั่นกรองเนื้อเรื่องหรือบทความที่ศึกษาแหล่งที่มา (ระดับความน่าเชื่อถือของข้อมูลสารสนเทศ) ความน่าเชื่อถือของข้อมูลสารสนเทศ (ตรวจสอบได้) ควรนำข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลมาเปรียบเทียบ (ยืนยันกัน) ควรมีการรวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเพื่อสะดวกต่อการสืบค้น ลักษณะของข้อมูลสารสนเทศควรเป็นข้อมูลที่ทันสมัยเพราะสามารถช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น และความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะแหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตมีข้อมูลทันสมัยมากกว่าข้อมูลในวารสาร ตำรา หรือฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่ผ่านการกลั่นกรองความน่าเชื่อถือ ก่อนนำมาใช้โดยผ่านการกลั่นกรอง ความน่าเชื่อถือก่อนนำมาใช้ และมีการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และด้านเทคโนโลยีเข้ามาใช้

4.8 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ความคิดสร้างสรรค์เป็นผลงานจากประสบการณ์การเรียนรู้หรือจากการตอบสนองเงื่อนไขรอบตัว ฉะนั้น บุคคลที่อยู่ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ต่างกันจึงมีความคิดสร้างสรรค์ไม่เท่ากัน สภาพแวดล้อมการเรียนรู้จึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเดิมตามศักยภาพ ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

4.8.1) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางกายภาพ (Physical environment) เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อผู้เรียนทางกาย โดยจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางกายภาพให้เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม มีดังนี้

- ควรจัดสถานที่เรียน หรือห้องปฏิบัติการที่เน้นการทดลองประดิษฐ์คิดค้น

- ควรจัดห้องเรียนโต๊ะ เก้าอี้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมกลุ่มย่อย กลุ่มใหญ่ และรายบุคคล

- ควรเว้นช่องทางเดินให้ผู้สอนสามารถสังเกตพฤติกรรมและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนได้อย่างสะดวก

- ควรจัดเตรียมสื่อการเรียนการสอนหรือทรัพยากรการเรียนรู้ที่สนับสนุนและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้เพียงพอต่อความต้องการ

- ควรจัดวัสดุและอุปกรณ์ที่เพียงพอต่อการคิดค้นประดิษฐ์

- ควรจัดมุมบริการอินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาค้นคว้าข้อมูลสารสนเทศ

4.8.2) สภาพแวดล้อมการเรียนทางจิตภาพ (Psychological environment) เป็นสภาพแวดล้อมล้อมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกในทางบวก ทางลบ หรือเป็นสิ่งที่มากระทบความรู้สึกนึกคิดของผู้เรียนซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสิ่งที่เป็นกายภาพหรือเกิดจากบุคคล โดยจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางจิตภาพให้เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม มีดังนี้

- ควรจัดบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกผ่อนคลาย อิสระ เป็นกันเอง ตลอดจนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย เพื่อให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ และกล้าแสดงออก

- ควรจัดบรรยากาศให้มีความไว้วางใจและการสนับสนุนซึ่งกันและกันโดยไม่มีการแข่งขัน เพื่อให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากที่สุด

- ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีอิสระทางความคิดและการกระทำ รวมทั้งให้ผู้เรียนพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ด้วยมุมมองที่หลากหลาย ให้ความอบอุ่นและความสนใจต่อปัญหาของนักเรียน สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง และมีการยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงได้

4.8.3) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางสังคมภาพ (Sociological environment) เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อผู้เรียนอันเนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การประพฤติปฏิบัติต่อกัน ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติหรือเป็นไปตามระเบียนกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางสังคมภาพให้เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม มีดังนี้

- ควรจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทางสังคมภาพ โดยคำนึงถึงการมีปฏิสัมพันธ์เชิงบวก ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกัน

- จัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกัน รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอน ผู้เรียนและบุคคลกรที่เกี่ยวข้องเป็นต้น

4.9) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

การประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในชั้นเรียน มีดังนี้

4.9.1) กระบวนการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม (Innovative Creativity Process) เป็นการประเมินกระบวนการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ซึ่งครอบคลุมการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ได้แก่ สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา เขียนวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ วิเคราะห์แต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ประเมินวิธีการ

แก้ปัญหาที่เป็นไปได้ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ สร้างต้นแบบเพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ประเมินขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาได้ ปรับปรุงพัฒนาภายใต้การควบคุมข้อผิดพลาด นำไปประยุกต์ใช้ได้ และบรรยายวิธีการแก้ปัญหาได้

4.9.2) ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking productions) เป็นผลงานที่มาจากกระบวนการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เพื่อเป็นหลักฐานของการกระทำหรือผลสำเร็จ ฉะนั้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจำเป็นต้องมีผลงานสร้างสรรค์ มีความสำคัญประกอบกันในการประเมินกระบวนการของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม โดยใช้แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม สำหรับผู้ประเมินผลงานสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ซึ่งครอบคลุมการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนดังนี้

มิติในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียน

- มิตินวภาพ (Novelty) ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม และความน่าประหลาดใจ

- มิติการแก้ปัญหา (Resolution) ประกอบด้วย การมีคุณค่า ความสมเหตุสมผล และการใช้ประโยชน์

- มิติการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) ประกอบด้วย การจัดส่วนประกอบที่เข้าใจได้

เครื่องมือที่ใช้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่

- แบบแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนเมื่อผ่านกิจกรรม

- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยการสังเกต

4.10) การวัดและประเมินผลการเรียน

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนตามรูปแบบครอบคลุมทั้งการวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมก่อนการเรียน การติดตามผลระหว่างเรียน และการวัดผลหลังการเรียน ประกอบด้วย

4.10.1) ก่อนการเรียนมีการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เพื่อรู้ระดับความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของผู้เรียน และหลังการเรียนจัดให้มีการสอบอีกครั้ง โดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกันกับที่ใช้ในครั้งแรก หรืออาจใช้ข้อสอบคนละชุดแต่เป็นข้อสอบที่มีลักษณะเป็นคู่ขนาน นำคะแนนจากผลการสอบทั้งสองครั้งมาเปรียบเทียบ หากผู้เรียนมีคะแนนหลังการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนแสดงว่าผู้เรียนมีพัฒนาการของความสามารถในคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

4.10.2) ระหว่างเรียน ผู้สอนสังเกตพฤติกรรม และแบบสอบถาม

- การทำงานร่วมกันของผู้เรียน ในประเด็น การระบุปัญหา การวางแผนการทำงาน การแบ่งหน้าที่บทบาทการทำงาน การมีส่วนร่วมในการทำงาน การช่วยเหลือกัน

ภายในกลุ่ม การควบคุมสถานการณ์การทำงาน และความสามารถในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังให้ผู้เรียนประเมินการทำงานกลุ่มของตนเองเป็นระยะ ๆ

- ทักษะการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอ

- ทักษะกระบวนการทางวิศวกรรมในการวางแผนการทำงาน การสร้างนวัตกรรม การประเมินผล และการปรับปรุงผลงาน

- ทักษะการสื่อสาร ทั้งการเขียนบทความ และการนำเสนอ สามารถทำให้ผู้อื่นเข้าใจในสิ่งที่ตนเองบอกได้

- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี การพัฒนากระบวนการได้มาของผลผลิต และสร้างผลผลิตใหม่ได้เหมาะสมกับช่วงชั้น

- ด้านความคิดสร้างสรรค์ ในประเด็น ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

- เจตคติ ต่อวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ความสนใจใฝ่เรียนรู้ อยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน เพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง

4.10.3) การทดสอบหลังเรียน

- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ จากการใช้รูปแบบระหว่างกลุ่มที่ใช้รูปแบบฯ และกลุ่มเรียนปกติ ในด้านความรู้ ความเข้าใจ

- จากนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ ในประเด็น 5 ด้านคือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และประโยชน์สามารถนำไปใช้จริง

- แบบสอบถาม การถ่ายโอนความรู้สู่ชีวิตจริง เชื่อมโยง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ กับสถานการณ์ในชีวิตจริงนอกห้องเรียนได้

4.11) ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

การประยุกต์ใช้

- ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์สามารถนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนไปใช้สร้างนวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

- ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น

ผลทางอ้อม

- ผู้เรียนมีความไวต่อปัญหา

- ผู้เรียนเข้าใจปัญหา สามารถออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหา และมั่นใจในตนเองในการแก้ปัญหามากขึ้น

- ผู้เรียนทำงานอย่างมีแผน รู้จักการประเมินงานของตนเอง
- ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน เห็นความสำคัญ และเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น
- ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทำงาน พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม
- ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.12) ระบบสนับสนุน

- บรรยากาศที่สนุกสนาน ในการทดลองใหม่ ๆ สถานที่ เวลา สภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
- การจัดเวลาให้เหมาะสมในการจัดกิจกรรม
- การเสริมแรงของผู้สอน
- การใช้สื่ออุปกรณ์

GRAD VRU

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ กระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนการสอนตามแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐาน					ขั้นตอนการสอนที่สังเคราะห์ขึ้น
STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins	กระบวนการสืบเสาะ(5E)	
1. ขั้นระบุปัญหา	1. ขั้นเตรียมการรับรู้ปัญหา	1. พบความจริง 2. ค้นพบปัญหา		1. สร้างความสนใจ	1. ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล	2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	3. ตั้งสมมติฐาน			2. ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3. ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	4. ค้นพบคำตอบ	1. จุดประสงค์การออกแบบ 2. โครงสร้าง	2. สำรวจ และค้นหา	3. ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงาน
4. ขั้นวางแผนการดำเนินงาน			3. สร้างรูปแบบจำลอง 4. มีเหตุผล โต้แย้ง	3. อธิบายและลงข้อสรุป	4. ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน
5. ขั้นการทดสอบประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา	4. ขั้นตรวจสอบผล		5. ขั้นพัฒนาและปรับปรุง	5. ประเมินผล	5. ขั้นประเมิน พัฒนา และปรับปรุงชิ้นงาน
6. ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา		5. ยอมรับผลการค้นพบ		4. ขยายความรู้	6. ขั้นนำเสนอผลงาน
	5. ขั้นประยุกต์ใหม่				7. ขั้นสรุป และประยุกต์

BRAIN VRU

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจงในการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับครูผู้สอนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นคู่มือสำหรับครูผู้สอน โปรดศึกษาทำความเข้าใจในรายละเอียดและปฏิบัติตามคำแนะนำ

คู่มือการใช้รูปจงแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คำชี้แจงการใช้รูปแบบการสอน
2. กรอบรูปองค์ประกอบของรูปแบบการสอน
3. แนวคิดทฤษฎีพื้นฐาน
4. สาระเนื้อหา
5. กระบวนการสอน
6. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน
7. ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล

ข้อควรปฏิบัติก่อนดำเนินการใช้รูปแบบการสอน

1. ศึกษารายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

1.1 ศึกษาคำชี้แจงการใช้รูปแบบการสอนประกอบกับการศึกษาส่วนอื่น ๆ ในคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

1.2 ศึกษาความเป็นมาของรูปแบบการสอน ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่รองรับรูปแบบการสอน และเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎีอันเป็นที่มาของรูปแบบการสอนนี้ ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพรวม เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในรูปแบบการสอน รวมทั้งมีความเข้าใจในศัพท์เฉพาะส่วนต่าง ๆ ศึกษาตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน จากแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายโอนพลังงาน ในคู่มือเล่มนี้มีลักษณะดังนี้

1.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนมีลักษณะสำเร็จรูปและยืดหยุ่นในตัว ประกอบด้วย ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลา หัวข้อเรื่อง สาระสำคัญ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดประเมินผลซึ่งให้อิสระครูผู้สอนสามารถปรับกิจกรรมการเรียนการสอนเวลาได้เอง หลังจากที่ได้ศึกษาคู่มือครบทุกส่วนและจัดเตรียมสื่อการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้วก็สามาถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เลย ในส่วนของเนื้อหาที่ไม่ได้อยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ อาจสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมาใช้ตามรูปแบบการสอนนี้ได้

1.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนเน้นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้ เข้าใจเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ด้วยการบูรณาการความรู้ ฝึกให้นักเรียนรู้จักการคิดระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูลแนวคิดในการแก้ปัญหา การวางแผนการทำงาน การออกแบบในการสร้าง ชิ้นงาน การปรับปรุงชิ้นงาน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งมีกิจกรรมการสอนประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นวางแผนการทำงาน 4) ขั้นการออกแบบและปฏิบัติสร้างชิ้นงาน 5) ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุง 6) ขั้นนำเสนอผลงาน 7) ขั้นสรุป และประยุกต์

2. จัดเตรียมสิ่งที่จำเป็นในการสอน เมื่อศึกษาส่วนต่าง ๆ ในคู่มือการใช้รูปแบบครบแล้ว ควรดำเนินการก่อนสอนดังนี้

2.1 ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียดอีกครั้ง

2.2 ศึกษาละจัดเตรียมสื่อการสอนที่เสนอไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนและเตรียมแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งเอกสาร วัสดุอุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมอื่น

2.3 ศึกษาและจัดเตรียมเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน จากองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล ตัวอย่างตามรูปแบบการเรียนการสอน ตัวอย่างแบบทดสอบ แบบสังเกตความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ตามจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอน

2.4 ในกรณีที่ครูต้องการสอนเนื้อหาตามตัวอย่างนี้ ครูสามารถนำตัวอย่างรูปแบบการสอน อย่างแบบทดสอบ แบบสังเกตความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในคู่มือนี้ไปใช้ได้เลย โดยศึกษาคำแนะนำที่ให้ไว้

ตารางวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แนวคิด			องค์ประกอบของรูปแบบ
Joyce and Weil	Arend	ทิศนา แขมมณี	
1. ความสัมพันธ์ของรูปแบบ	1.หลักการตามทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐาน	1.ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อ	1. หลักการของรูปแบบ
2. โครงสร้างของรูปแบบ		2.การจัดระบบ	2.วัตถุประสงค์ของรูปแบบ
3. ระบบสังคม		3.การบรรยายและอธิบายสภาพลักษณะของการจัดการเรียนการสอน	3.ระบบสังคม
4.หลักการตอบสนอง			4.หลักการตอบสนอง
5.ระบบสนับสนุน	2.สิ่งแวดล้อมในการสอนที่จะนำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ		5.ระบบสนับสนุน
6. การนำรูปแบบการสอนไปใช้			6.เนื้อหา
	3.วิธีการสอนที่ทำให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์	4.วิธีกาสอนและเทคนิคการสอน	7.กระบวนการสอน
7. ผลทางตรงและทางอ้อม	4.ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ		8.ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้ จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่ได้จากการสังเคราะห์ มีดังนี้

1.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยผู้สอนต้องกระตุ้นเร้าความสนใจให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องที่

1.2 ขั้นสอน เป็นขั้นเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหาและชีวิตประจำวันของผู้เรียนเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน ผู้เรียนต้องเผชิญสถานการณ์ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาจน

1.3 ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายข้อดีข้อจำกัดของการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ

1.4 ขั้นฝึกทักษะและนำไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนฝึกทักษะที่ผู้สอนสร้างขึ้นที่มีสถานการณ์ที่หลากหลาย

1.5 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นประเมินผลจากการทำงาน จากการทำแบบฝึกหัดในบทเรียนหรือสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้เรียนต้องตรวจสอบการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

จากแนวคิดดังกล่าว มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้จากการช่วยกันแก้ปัญหา (Collaborative Problem Solving) จะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นั่นคือประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมไม่สามารถจัดการแก้ปัญหานั้นได้ลงตัวพอดีเหมือนปัญญาที่เคยแก้มาแล้ว ต้องมีการคิดค้นเพิ่มเติมที่เรียกว่า การปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Restructuring) โดยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ เสาะแสวงหาสารสนเทศตามแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ถามปัญหาซักค้านจนกระทั่งหาเหตุผล หรือหลักฐานในเชิงประจักษ์มาขจัดความขัดแย้งทางปัญญาภายในตนเองและระหว่างบุคคลได้

2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)

เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์

เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร และประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นทางสังคมและประเด็นเกี่ยวกับบุคคล

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผลและนำเสนอ

2.4 ขั้นขยายความรู้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้า

2.5 ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

การสอนฟิสิกส์ สามารถจัดการสอนได้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่มีการพัฒนาความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ ทักษะการค้นกว้า เพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่ดี ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจการได้มาของความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการจัดการสอนแบบสะเต็มศึกษา สามารถตอบสนองกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่พัฒนาความคิดขั้นสูง ฝึกทักษะการค้นคว้า กระบวนการทำงาน กระบวนการวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนหลาย ๆ วิชา และสามารถนำความรู้ที่ได้บูรณาการการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3. แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต ซึ่งมีขั้นตอน 6 ขั้น ดังนี้

3.1 ขั้นระบุปัญญา (Problem Identification)

3.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิด (Related Information Search)

3.3 ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

3.5. ขั้นการทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงและวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

3.6 ขั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation)

4. ทฤษฎีการสร้างเชาวน์ปัญญาของ Guilford

Guilford (1967) ได้เสนอทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย

1) ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง เป็นความคิดที่เกิดขึ้นในครั้งแรก แตกต่างไปจากความคิดเดิม โดยอาศัยจินตนาการ เป็นลักษณะความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดเดิม ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่

2) ความคิดคล่อง (fluency) หมายถึง ลักษณะของความคิดที่แสดงออกมาในรูปแบบของปริมาณ ความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน คิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว มีปริมาณมากในเวลาอันจำกัด

3) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท และหลายทิศทางดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ แบ่งเป็น ความคิดที่เกิดขึ้นทันที ความคิดด้านการดัดแปลง

4) ความคิดละเอียดลออ (elaboration) เป็นความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่งขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การเกิดความคิดสร้างสรรค์อาจแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ เกิดจากจินตนาการแล้วคิดวิเคราะห์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ หรือเกิดจากการต่อยอดความคิดจากสิ่งเดิมที่มีอยู่

ทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาประกอบด้วย 3 มิติ และความสามารถด้านการคิด ได้แก่

มิติที่ 1 มิติด้านการปฏิบัติการ เป็นกระบวนการทางความคิด (Operations) ที่ใช้ในการกระทำต่อสิ่งเร้า แบ่งออกเป็น 5 อย่างคือ การรู้จักและเข้าใจ (Cognition) ความจำ (Memory) ความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ความคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ความคิดแบบประเมินค่า (Evaluation)

มิติที่ 2 ผลผลิต เป็นผลของความคิด (Product) คือ รูปแบบของความรู้ที่เกิดจากการกระทำโดยใช้วิธีการทางความคิดกับสิ่งเร้ามี 6 รูปแบบ คือ หน่วย (Units) ประเภท จำพวก (Classes) ความสัมพันธ์ (Relations) ระบบ (System) การแปลงรูป (Transformations) การคาดหวัง การประยุกต์ (Expectation)

มิติที่ 3 มิติด้านเนื้อหา (Content) เกี่ยวกับข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสมี 4 ประเภท คือ รูปภาพ(Figural) ภาษา(Semantic) สัญลักษณ์ (Symbolic) พฤติกรรม (Behavior)

สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น บุคคลจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในลักษณะหลายทิศทาง ทำให้ได้คำตอบที่แปลกใหม่

ขั้นตอนของกิลฟอร์ด

1) ขั้นเตรียมการ (Preparation) คือการรับรู้ เข้าใจปัญหา ว่าปัญหาคืออะไร อะไรคือปัญหา

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) คือ การระบุแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้นถึงองค์ประกอบของปัญหา

3) เสนอแนวทางการแก้ปัญหา (Production) คือ การหาวิธีการแก้ปัญหาในวิธีการปฏิบัติการ

4) การตรวจสอบผล (Verification) เป็นขั้นที่เสนอเกณฑ์ตรวจสอบผลลัพธ์ที่

5) การนำไปประยุกต์ใหม่ (Reapplication) คือ การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกไปใช้ในโอกาสอื่น

5. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

การแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์ จะแสดงออกตลอดกระบวนการของความรู้สึกหรือการเห็นปัญหา การรวบรวมความคิด เพื่อตั้งเป็นข้อสมมุติฐาน การทดสอบ ตลอดจนการสรุป ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หรือ “The creative problem solving process”

กระบวนการแก้ปัญหาของทอแรนซ์ มี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 พบความจริง (Fact-finding) เป็นความรู้สึกกังวล วุ่นวาย สับสน

ขั้นที่ 2 ค้นพบปัญหา (Problem-finding) พบว่าความกังวลเกิดจากปัญหา

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน (Idea-finding) ตั้งสมมติฐานและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 4 ค้นพบคำตอบ (Solution-finding) การพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 5 ยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance-finding) ยอมรับคำตอบจากการพิสูจน์ในความสำเร็จในการแก้ปัญหา นำไปสู่แนวทางในความคิดใหม่ เรียกว่า new challenges

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ ให้ความสำคัญกับการทำปัญหาให้กระจ่าง

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

1. ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา (Problem Identification)

เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ความต้องการในการออกแบบสมมุติฐานเพื่อแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ และระบุปัญหาจากเหตุการณ์ ให้ได้มากที่สุด โดยครูตั้ง

คำถามและนำเสนอกรณีศึกษา สถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันใกล้ตัว ทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาของสังคม ณ ขณะนั้น หรือบางส่วนของปัญหาจริงในปัจจุบัน หรือเป็นรูปธรรมที่เข้าใจง่าย ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการระดมสมอง ยกย่องส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่าง จนเกิดความคิดที่หลากหลาย เกิดความเข้าใจอธิบายเหตุการณ์ได้

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Adjust Knowledge)

นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ จากสื่อเทคโนโลยี ใบความรู้ และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อทบทวนความรู้เดิม เพิ่มความรู้พื้นฐานที่จำเป็น และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมเพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ ซักถามเพื่อให้นักเรียนนำไปสู่การสำรวจค้นหาสังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน ให้คำแนะนำในการสืบค้นข้อมูล และยกย่องส่งเสริมความคิดที่แปลกใหม่

3. ขั้นออกแบบและวางแผนการทำงาน (Design and Planning)

นักเรียนระดมสมองเพื่อออกแบบและวางแผนการสร้างอุปกรณ์โดยพิจารณาหลักโครงสร้างทางวิศวกรรม งบประมาณและกระบวนการประดิษฐ์ โดยครูบอกเงื่อนไขในการสร้างอุปกรณ์ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่นักเรียน ส่งเสริมความคิดที่แตกต่าง แปลกใหม่อย่างมีเหตุผล กระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงการเปลี่ยนแปลง สร้างความเชื่อมั่น ให้กำลังใจจนได้วิธีการออกแบบแก้ปัญหา การสร้างสิ่งประดิษฐ์จนประสบความสำเร็จ

4. ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (Planning and Solution Design)

นักเรียนร่วมกันอธิบายและร่างภาพลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ โดยครูเน้นให้ผู้เรียนคิดแปลกใหม่ ไม่เหมือนเดิม โดยนักเรียนต้องมีการวางแผนสำรองป้องกันแผนแรกไม่สำเร็จ และสร้างตามแผนที่ออกแบบไว้ โดยครูเป็นผู้ให้กำลังใจ สร้างความมั่นใจ เชื่อมั่นในตนเองและภาวะผู้นำของนักเรียน กระตุ้นการเชื่อมโยงข้อมูลให้นักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่มาปรับใช้ สนับสนุน ชี้แนะ ให้คำปรึกษา และกำลังใจในความล้มเหลวในการสร้างชิ้นงาน ยอมรับคุณค่าและความสามารถของนักเรียน

5. ขั้นประเมินพัฒนาและทดสอบและปรับปรุง (Testing, Evaluation and Design Improvement)

นักเรียนทำการทดสอบอุปกรณ์ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามต้องการ ให้นักเรียนปรับปรุงอุปกรณ์ได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นครั้งสุดท้าย โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาชิ้นงานของตนเอง โดยครูเป็นผู้ควบคุมสถานการณ์ให้อยู่ในขอบเขต

ส่งเสริมความคิดของชิ้นงานที่แตกต่าง แปลกใหม่ และส่งเสริมให้นักเรียนยอมรับแนวคิดที่แตกต่างออกไป รวมทั้งยอมรับความผิดพลาด

6. ขั้นนำเสนอผลงาน (Presentation)

นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียนถึงวิธีการประดิษฐ์ หลักการประดิษฐ์ โดยใช้หลักการทางวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และนำอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเปรียบเทียบ ความคงทนแข็งแรง สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ให้ครูและเพื่อนในชั้นเรียนเป็นกรรมการตัดสิน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดความสนใจการนำเสนอผลงานของเพื่อน ฝึกให้นักเรียนยอมรับความผิดพลาดและเรียนรู้ความผิดพลาดของตนเอง แนะแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาด สร้างความมั่นใจให้กับนักเรียน ชี้แนะแนวทางในการตอบคำถามเมื่อมีปัญหาในการตอบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ ความเข้าใจอย่างหลากหลาย สมเหตุสมผลตามหลักวิชา

7. ขั้นสรุปและประยุกต์ (Knowledge)

นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ตามหลักการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คือ สร้างแบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความคิดนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน การเลือกวัสดุ ทรัพยากรในการสร้างแบบจำลองอย่างคุ้มค่า การนำเสนอผลงาน วิศวกรรม คือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผน การพัฒนา การทดสอบ การประเมินผลต้นแบบ และการนำเสนอผลลัพธ์ คณิตศาสตร์ คือการชั่ง ตวง วัด และการคำนวณงบประมาณ และผลงานของนักเรียน ด้านคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ การใช้งานได้จริง โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมจนได้ข้อสรุป และการแก้ปัญหาอื่นที่มีสถานการณ์คล้ายกัน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปหรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่

ขั้นการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลมี 2 แบบได้แก่ 1) การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ทำการทดสอบระหว่างเรียนโดยประเมินจากการทำกิจกรรมและชิ้นงาน โดยมีเกณฑ์การประเมินจากรูบิคสกอร์ โดยพิจารณาจากความคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และชิ้นงานสามารถใช้งานได้จริง 2) การวัดและประเมินผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบหลังเรียน โดยแบบทดสอบใช้สาระเนื้อหาฟิสิกส์ ซึ่งผู้วัยทำการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธพิสัยตามแบบของบลูม ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์

หลักการตอบสนอง (Principle of reaction)

ครูผู้สอนตามรูปแบบการสอนฯ ต้องยึดหลักในการตอบสนองโดยการควบคุมให้กระบวนการเรียนแบบ Stem Education ให้ดำเนินจนสามารถสร้างผลงานได้ตามเป้าหมาย โดยครูผู้สอนให้

ความสำคัญและความสนใจต่อเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ อดทนต่อการรอคอยคำตอบ และให้อิสระกับกระบวนการคิดของผู้เรียน

ระบบสังคม (Social system)

เน้นการมีส่วนร่วมโดยอาศัยกระบวนการกลุ่ม สร้างแรงจูงใจภายใน ความใฝ่เรียนรู้ อยากค้นพบสิ่งที่อยู่รอบตัว จัดบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข ยอมรับความคิดเห็นและเหตุผลของผู้อื่น กล้าและยอมรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น อดทนต่อความยากลำบาก และผู้เรียนสามารถสร้างความรู้และนวัตกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สร้างศักยภาพให้พร้อมที่จะเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์อย่างเป็นมิตรและเป็นกันเองระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน

ระบบสนับสนุน (Support system)

จัดสิ่งแวดล้อมการรับรู้ให้มีทางเลือก สื่อ แหล่งเรียนรู้ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่หลากหลาย

GRAD VRU

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ การเกิดคลื่น

รายวิชา ฟิสิกส์ 03 (ว32208) **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

หน่วยการเรียนที่ 1 **การเกิดคลื่น**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **จำนวนเวลาที่สอน 9 คาบ**

โรงเรียนสุธีวิทยา อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี **ผู้สอน นางสาวจีรพรรณ ชวาลสันตติ**

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ กัน

มาตรฐานการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

สาระที่ 1 การดำรงชีวิตและครอบครัว

มาตรฐาน ง 1.1 เข้าใจการทำงาน มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะกระบวนการทำงาน ทักษะการจัดการ ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานร่วมกัน และทักษะการแสวงหาความรู้มีคุณธรรม และลักษณะนิสัยในการทำงาน มีจิตสำนึกในการใช้พลังงาน ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมเพื่อการดำรงชีวิตและครอบครัว

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ ตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยี ในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

วิศวกรรมศาสตร์

ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ในการดัดแปลง ออกแบบ ชิ้นงานหรือออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย

2. ผลการเรียนรู้

ตารางที่ 4 ผลการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบคลื่น และการเกิดคลื่นกลจากการบูรณาการศาสตร์ 4

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม	คณิตศาสตร์
1. คลื่นกล สมบัติของคลื่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก พลังงานคลื่น และการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล 2. สมบัติของวัสดุ การนำวัสดุไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม	1. กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมาสร้างแบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความคิด 2. การใช้อุปกรณ์ในการวัด ตัด ติดยึดอย่างถูกต้องและปลอดภัย	1. การวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ 2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนพัฒนาการ การดัดแปลงออกแบบชิ้นงานหรือการออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การทดสอบประเมินผลต้นแบบ การปรับปรุง	1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2. คำนวณงบประมาณ

		ต้นแบบ และการนำเสนอผลลัพธ์	

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

พุทธิพิสัย

นักเรียนอธิบายการเคลื่อนที่แบบคลื่น และการเกิดคลื่นกล

ทักษะนิสัย

1. นักเรียนสามารถกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ได้

2. นักเรียนสามารถระบุสามเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ได้

3. นักเรียนสามารถเสนอและอธิบายวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

4. นักเรียนมีความรอบคอบสามารถวิเคราะห์ คำนวณ ปัญหาเพื่อนำไปสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหา

5. นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงาน และแก้ปัญหาระหว่างการสร้างชิ้นงาน

6. นักเรียนสามารถปรับปรุงชิ้นงาน จนเป็นที่พอใจตามเวลาที่กำหนด

7. นักเรียนสามารถคำนวณงบประมาณจากชิ้นงานได้

8. นักเรียนสามารถสื่อสารอย่างสร้างสรรค์

9. นักเรียนมีความสามารถในด้านความคิดสร้างสรรค์

10. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และการใช้ทักษะชีวิต

จิตพิสัย

1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และ รับผิดชอบต่อสังคม

2. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน

3. นักเรียนใช้วัสดุหรือทรัพยากรในการทำงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

4. นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น อย่างมีเหตุผล

5. นักเรียนมีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

ภาระชิ้นงาน

ใบกิจกรรม การถ่ายโอนพลังงาน

4. สาระสำคัญ

คลื่นกล คือ การเคลื่อนที่ของการรบกวนซึ่งเป็นสถานะของตัวกลาง ไม่ใช่การเคลื่อนที่ของอนุภาค

เงื่อนไขในการเกิดคลื่น

1. คลื่นเกิดขึ้น เมื่อมีการรบกวนกระทำต่อบริเวณใดบริเวณหนึ่ง การรบกวนดังกล่าวคือการกระตุ้นด้วยแรงต่อวัตถุหรือมวล ซึ่งทำให้เกิดมีการขจัดผ่านตำแหน่งหยุดนิ่งมา

2. การรบกวนเดินไปด้วยอัตราเร็ว ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวกลาง จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในระยะเวลาอันจำกัด

3. คลื่นต้องอาศัยตัวกลางในการเผยแผ่ออกไป ตัวกลางอาจเป็นของแข็งหรือของไหลก็ได้

พิจารณาทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่นและของตัวกลางที่ถูกรบกวน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านมีการเคลื่อนที่ไปกลับในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนของคลื่น เช่น คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น

2. คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านมีการเคลื่อนที่ไปกลับในทิศทางที่เดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนของคลื่น เช่น คลื่นเสียง, คลื่นในสปริง เป็นต้น

แบ่งชนิดของคลื่นโดยพิจารณา การอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ สามารถแบ่งคลื่นได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. คลื่นกลหรือคลื่นยืดหยุ่น (Mechanical Wave หรือ Elastic Wave) คือ คลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ โดยตัวกลางจะเกิดการสั่นทำให้เกิดการส่งผ่านพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น คลื่นเสียง, คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น

2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) คือ คลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นแสง, คลื่นวิทยุ เป็นต้น

แบ่งตามความต่อเนื่องของแหล่งกำเนิดแบ่งออกได้ 2 ชนิด

1. คลื่นดล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือการรบกวนตัวกลางเป็นช่วงเวลาสั่น ๆ ทำให้เกิดคลื่นเพียง 1 หรือ 2 คลื่น แผ่ออกไป เช่น การนิ้วจุ่มที่ผิวน้ำเพียงครั้งหรือ 2 ครั้ง

2. คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือการรบกวนตัวกลางอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดคลื่นแผ่ออกไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง เช่น การเกิดคลื่นผิวน้ำเนื่องจากแหล่งกำเนิดติดกับมอเตอร์ หรือการสะบัดเชือกอย่างต่อเนื่อง

องค์ประกอบพื้นฐานของคลื่น

1. ความยาวคลื่น (Wave Length ; λ) หมายถึง ความยาวของคลื่น 1 คลื่น เป็นระยะทางที่วัดระหว่างจุดสองจุดที่สั้นที่สุดบนคลื่นที่เฟสตรงกัน ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตร (m)

2. ความถี่ (Frequency; f) หมายถึง จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดๆในหนึ่งหน่วยเวลา ในระบบ SI มีหน่วยเป็น วินาที-1S-1หรือ เฮิร์ตซ์ (Hz)

3. คาบการเคลื่อนที่ (Period; T) หมายถึง เวลาที่คลื่น 1 คลื่น เคลื่อนที่ผ่านจุดใด ๆ ในระบบ SI มีหน่วยเป็นวินาที (s)

4. อัตราเร็วของคลื่น (Speed; v) หมายถึง ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลาและเนื่องจากขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ไปด้วย อัตราเร็วค่าหนึ่ง เฟสของคลื่นก็เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็ว เท่ากัน ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า อัตราเร็วเฟส (Phase Speed) ของคลื่น ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

5. มุมเฟส (Phases Angle; Φ) หมายถึง มุมที่ใช้กำหนดตำแหน่งบนคลื่นขณะที่เคลื่อนที่ โดยมีความสัมพันธ์กับการกระจัดของการเคลื่อนที่ของคลื่น ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเรเดียน (Radian)

6. แอมพลิจูด (Amplitude A) หมายถึง การกระจัดสูงสุดของการสั่นของอนุภาคจากระดับปกติ ค่าของแอมปลิจูด จะบอกค่าพลังงานของคลื่นโดยพลังงานจะแปรโดยตรงกับแอมปลิจูด ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตร (m)

5. กระบวนการเรียนรู้

1. ครูดำเนินการปฐมนิเทศ โดยแจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การประเมินผล ทดสอบเพื่อแบ่งกลุ่มคละความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม จัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน โดยแบ่งจากเด็กกลุ่มเก่ง กลาง และอ่อน ตามอัตราส่วน (1:3:1) ให้เท่ากันแบบสุ่ม

2. ครูให้ความรู้แนวคิดสะเต็มศึกษา และความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา (50 นาที)

1. ครูแสดงสถานการณ์ของคลื่น โดยแสดงสารคดี Underwater Univers EP.1 Killer Shockwavesl คลื่นมรณะ จาก https://www.youtube.com/watch?v=vqqfSHgDaKI&pbjreload=10 ซึ่งแสดงถึงพลังงานคลื่นขนาดใหญ่ 3 ชนิดได้แก่ Rogue wave ,คลื่นTsunami และ Monster wave ซึ่งสามารถทำให้เรือขนาดใหญ่ล่มลงตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบัน มนุษย์พยายามหาสาเหตุการเกิดคลื่นยักษ์เหล่านี้ ซึ่งพบว่า

Rogue wave สามารถนำพลังงานจากคลื่นขนาดเล็กมารวมกันจนกลายเป็นพลังงานที่มากขึ้น และเมื่อคลื่นขนาดใหญ่ที่พัดเข้าสู่ชายหาดมาชนกับกระแสน้ำที่มีความเร็วมากกว่าทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ขึ้น

คลื่น Tsunami เกิดขึ้นเนื่องจากการสั่นสะเทือนของเปลือกโลกใต้น้ำ เนื่องจากแผ่นดินไหว หรือเกิดการระเบิดของภูเขาไฟใต้น้ำ ทำให้เปลือกโลกเกิดการขยับตัว ส่งพลังงานมหาศาลให้กับน้ำ ทำให้น้ำทะเลเกิดการเคลื่อนไหวเรียกว่า Tsunami

Monster wave เกิดจากคลื่นลมเหนือน้ำทะเล ซึ่งจะเกิดเป็น Monster wave ได้ต้องเป็นลมพายุ ที่เกิดเป็นเวลานาน และมาจากกลางมหาสมุทร ทำให้มีความเร็วคลื่นสูงมาก เมื่อมาถึงชายหาดทำให้เกิดความเร็วของคลื่นมากขึ้นคลื่นจะแตกออก และเกิดการม้วนตัว ทำให้มีความสูงมากขึ้น ซึ่งคนส่วนมากนิยมเล่น Serve กัน

ในปัจจุบันซึ่งมนุษย์ไม่สามารถหยุดยั้งการเกิดคลื่นเหล่านี้ได้ มีเพียงการเตือนก่อนการเกิดคลื่นให้ประชาชนทราบ เพื่ออพยพไปอยู่ที่สูง หรือ ห้ามการออกเรือ ในระหว่างการเกิดคลื่น

2. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- คลื่นแต่ละชนิดมีสาเหตุการเกิดแตกต่างกันอย่างไร (Rogue wave เกิดจากการแทรกสอด, Tsunami เกิดจากการสะท้อน , Monster wave เกิดจากการหักเห)
- นักเรียนเคยพบคลื่นน้ำแบบใดบ้างในชีวิตประจำวัน (คลื่นน้ำที่เกิดจากการสะท้อนของเรือหางยาว)
- ครูให้นักเรียนพิจารณา รูปปัญหาคลื่นน้ำในชีวิตประจำวันของคนไทย (เรือหางยาว)
- จากสารคดีกล่าวถึงคลื่นน้ำถ่ายโอนพลังงานได้เหมือนการสะบัดเชือก หมายถึงคลื่นอะไร (คลื่นกล)
- นักเรียนพิจารณาว่าคลื่นมีพลังงานมากหรือน้อย ดูจากอะไรได้บ้าง (ความเร็วของคลื่นและ ความสูงของคลื่น)
- เรือใช้พลังงานอะไรทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ และหากพลังงานหมดนักเรียนคิดว่าเรือกลางมหาสมุทรจะเคลื่อนที่อย่างไร (เคลื่อนที่ขึ้น ลงอยู่กับที่)
- นักเรียนพิจารณาคลื่น Tsunami ทำไมจึงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเมื่อเคลื่อนที่เข้าชนชายหาด (ชายหาดตื้นกว่าทะเล ทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้น)

3. นักเรียนทำการศึกษา ใบความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบคลื่น

4. ครูกระตุ้นความคิดให้นักเรียน

- คลื่นน้ำ และ คลื่นเชือก เป็นคลื่นประเภทใด (คลื่นกล, คลื่นตามขวาง)

- การเคลื่อนที่ของอนุภาคบนคลื่นผิวน้ำ ทำให้อนุภาคต่าง ๆมีการเคลื่อนที่อย่างไร เรือที่ไม่มีพลังงานในการขับเคลื่อนเปรียบได้เช่นอนุภาคบนคลื่นผิวน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ขึ้น-ลง ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น)

5. นักเรียนทำกิจกรรม การถ่ายโอนพลังงาน

6. ครูแสดงสถานการณ์ โดยแสดงคลิปวีดีโอ สารคดี Underwater Univers

7. ครูใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

สถานการณ์ที่กำหนดให้

ด.ช.บอย กำลังเล่นเทเบิลเทนนิสในสวนสาธารณะ เมื่อปิงปองตกลงไปกลางสระที่ลึกมาก และไม่สามารถเอื้อมมือถึงได้ ด.ช.บอย สังเกตุเห็นว่าที่ผิวน้ำมีคลื่นน้ำตลอดเวลา หากนักเรียนเป็น ด.ช.บอย นักเรียนจะออกแบบเครื่องเก็บลูกปิงปองจากกลางสระ ให้ได้เร็วที่สุดอย่างไร

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมบันทึกสาเหตุของปัญหา (คิดคล่อง)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ได้ให้เพื่อนร่วมห้องทราบ และเขียนลงในกระดาษ A4 แล้วนำไปติดไว้ที่กระดานหน้าห้อง

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่น พร้อมทั้งร่วมกันให้ข้อเสนอแนะว่าเพื่อนเขียนปัญหาได้ครบถ้วนหรือไม่ ควรเพิ่มเติมอะไร ปัญหาที่เสนอเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่จริงหรือไม่ สาเหตุสอดคล้องกับปัญหาหรือไม่ โดยกำหนดเวลาให้เสนอแนะกลุ่มละ 2 นาที (คิดยืดหยุ่น)

11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (50 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมให้ “การเคลื่อนที่แบบคลื่น”

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยครูเน้นให้นักเรียนคิดวิธีการที่แปลกใหม่ หลากหลายวิธี และบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1(คิดริเริ่ม, คิดคล่อง, คิดยืดหยุ่น)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาสถานการณ์นี้ผ่านการอภิปรายกลุ่ม พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 (คิดยืดหยุ่น)

ขั้นที่ 3 ขั้นการออกแบบและวางแผนการทำงาน (ออกแบบ 50 นาที วางแผน 15 นาที วิเคราะห์ 35 นาที)

1. ครูแสดงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์ในการแก้ปัญหาทั้งหมด 2 ชนิด คือ

1.1 อุปกรณ์พื้นฐาน ได้แก่

1. กระบะขนาด 240 ลิตร	5. น้ำ 200 ลิตร
2. สายวัด 2 อัน	6. ลูกปิงปอง 1 ลูก
3. ชุดเกิดคลื่น 1 ชุด	7. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว
4. สายไฟ 4 เส้น	

1.2 อุปกรณ์ที่ต้องคิดมูลค่า ได้แก่

1. ดินน้ำมัน ก้อนละ 5 บาท	5. ยางหนังสติ๊ก เส้นละ 5 บาท
2. เชือก เมตรละ 5 บาท	6. ตะเกียบ คู่ละ 10 บาท
3. ขวด PET 750 cc. ใบละ 5 บาท	7. ยางวง ถุงละ 2 บาท
4. ขวด PET 950 cc ใบละ 10 บาท	8. เทปกาว เมตรละ 10 บาท

2. ครูบอกเงื่อนไขในการสร้างอุปกรณ์ในการเก็บลูกปิงปอง ต้องใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น ห้ามใช้มือหรือสิ่งของช้อนลูกปิงปองเนื่องจากอยู่กลางสระที่ลึกและไกลมาก โอกาสเก็บมากที่สุด และงบประมาณราคาถูกที่สุด (ละเอียดลออ)

3. ครูแสดงเกณฑ์ในการประเมินผลการออกแบบและการสร้างชิ้นงาน ด้านความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่คิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออและใช้งานได้จริง เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรประดิษฐ์แบบจำลองอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

4. นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มอภิปรายกันภายในกลุ่มเพื่อออกแบบและวางแผนการสร้างอุปกรณ์โดยพิจารณาหลักโครงสร้างทางวิศวกรรม การเคลื่อนที่แบบคลื่น งบประมาณและกระบวนการประดิษฐ์ (คิดละเอียดลออ)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายและร่างภาพลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในการเก็บลูกปิงปองลงในใบกิจกรรมที่ 1 โดยครูเน้นให้ผู้เรียนคิดแปลกใหม่ ไม่เหมือนเดิม (คิดริเริ่ม)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานและแผนสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น โดยวิเคราะห์การทำงานตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ เช่น อุปกรณ์ที่สร้างเก็บลูกปิงปองได้ไม่ดีเท่าที่ควร เก็บได้ช้า รูปทรงของอุปกรณ์ ชนิดของวัสดุที่ใช้ ขนาดของโครงสร้าง หรือโครงสร้างทางวิศวกรรม (คิดละเอียดลออ)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนสำรองลงในใบกิจกรรม (คิดยืดหยุ่น)

8. นักเรียนวิเคราะห์หลักการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ โดยครูให้คำถามกระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักการได้ ดังนี้

- ลูกปิงปองสามารถเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งได้เนื่องจากอะไร (แรงกระทำ)
- นักเรียนสามารถหาแรงที่ใช้ในการนำลูกปิงปองเข้าหาฝั่งได้จากสมการใด ($\Sigma F=0$, $\Sigma F=ma$)

กรณีการลากขึ้น

- หากนักเรียนต้องการออกแรงน้อยที่สุดในการนำลูกปิงปองขึ้นจากสระ ควรใช้สมการใด ($\Sigma F=0$ เนื่องจากไม่มีความเร่ง)
- นักเรียนออกแรงมากหรือหน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งใด (ความเร่งและ แรงเสียดทาน)
- นักเรียนหาแรงเสียดทานได้อย่างไร (ΣF = แรงดึง - แรงเสียดทาน)
- นักเรียนสามารถหาแรงดึงได้จากอะไร (ตาชั่งสปริง)
- นักเรียนหาแรงเสียดทานได้เท่าใด

กรณีตักขึ้น

- นักเรียนต้องใช้สมการใดมาใช้ในการวิเคราะห์หาแรง ($\Sigma F = ma$)
- นักเรียนต้องรู้อะไรบ้างเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาแรง (แรงตึงผิว f, m มวล)
- มวล (m) หาจากอะไร (มวลของลูกปิงปอง วัดจากเครื่องชั่ง)
- ความเร่ง (g) มีค่าเท่าใด ($10 m/s^2$)
- นักเรียนวิเคราะห์แรงตึงผิวได้เอย่างไร และได้ท่าใด (ΣF = แรงดึง - แรงตึงผิว)

ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (50 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างอุปกรณ์ของกลุ่มตนเองตามที่ออกแบบไว้ในขั้นวางแผนหรือขั้นวางแผนการสำรองที่กำหนดไว้ เช่น แผนการแรกไม่สำเร็จ ก็ให้ทำตามแผนการที่สำรองไว้หรือทำการประยุกต์ตามแผนการที่สอง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุง (50 นาที)

1. นักเรียนทำการทดสอบอุปกรณ์ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามต้องการ ให้นักเรียนปรับปรุงอุปกรณ์ได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นครั้งสุดท้าย โดยครูใช้

คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาชิ้นงานของตนเอง เช่น อุปกรณ์พังเมื่อไปใช้งานจริง แสดงว่าเกิดปัญหาที่จุดใด และมีวิธีการแก้ไขอย่างไร และให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

2. ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินความถูกต้องในการปฏิบัติกิจกรรม ประเมินแบบจำลองแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการประเมินไปทีละกลุ่ม กลุ่มละ 2 นาที และครูเป็นผู้บันทึกผลการประเมินลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน (50 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อนำข้อมูลการสร้างชิ้นงานได้แก่แนวคิดในการสร้างชิ้นงาน ปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา นำเสนอหน้าชั้นเรียนโดยใช้หลักการของการเคลื่อนที่แบบคลื่น และหลักการทางวิศวกรรม รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเปรียบเทียบ ความคงทนแข็งแรง สามารถเก็บลูกปิงปองได้จริง มีโอกาสเก็บได้มาก โดยมีครูและเพื่อนในชั้นเรียนเป็นกรรมการตัดสิน (ใช้งานได้จริง)

ขั้นที่ 7 ขั้นสรุป และประยุกต์ (50 นาที)

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปดังหัวข้อต่อไปนี้

- วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องการเคลื่อนที่แบบคลื่น
- เทคโนโลยี คือ สร้างแบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความคิดนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน การเลือกวัสดุ ทรัพยากรในการสร้างแบบจำลองอย่างคุ้มค่า การนำเสนอผลงาน
- วิศวกรรม คือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผน การพัฒนา การทดสอบ การประเมินผลต้นแบบ และการนำเสนอผลลัพธ์
- คณิตศาสตร์ คือการชั่ง ตวง วัด และการคำนวณงบประมาณ
- ผลงานของนักเรียน ด้านคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ การใช้งานได้จริง และนำผลงานของนักเรียนนำมาแสดง และบอกข้อบกพร่อง ข้อดีของแต่ละกลุ่ม
- นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1

6. แหล่งเรียนรู้และสื่อประกอบการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียน ใบความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบคลื่น
2. อุปกรณ์สำหรับสร้างชิ้นงาน
3. ใบกิจกรรม เรื่อง การถ่ายโอนพลังงาน

5. สื่อออนไลน์ เรื่อง (PART 1) รู้จักกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: let's get acquainted https://www.youtube.com/watch?v=6ZHpkeJl0uo

6. สื่อออนไลน์ เรื่อง (PART 2) ตัวอย่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: Series 2 Ex https://www.youtube.com/watch?v=3Cr0-ukRIY8

7. อินเตอร์เน็ตเพื่อการสืบค้น (โรงเรียนมีบริการอินเตอร์เน็ตเพื่อการศึกษา)

7. การวัดและประเมินผล

- ประเมินชิ้นงาน การถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งวัดทั้งระหว่างเรียนและผลงานของนักเรียน วัดความคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ และนวัตกรรม
- ประเมินจากใบกิจกรรม วัดคิดริเริ่ม คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ
- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแบบทดสอบ

GRAD VRU

ใบความรู้ที่ 1
การเคลื่อนที่แบบคลื่น

คลื่น คือการเคลื่อนที่ของการรบกวน ซึ่งเป็นสถานะของตัวกลาง ไม่ใช่การเคลื่อนที่ของอนุภาค

เงื่อนไขในการเกิดคลื่น

1. คลื่นเกิดขึ้น เมื่อมีการรบกวนกระทำต่อบริเวณใดบริเวณหนึ่ง การรบกวนดังกล่าวคือการกระตุ้นด้วยแรงต่อวัตถุหรือมวล ซึ่งทำให้เกิดมีการขจัดผ่านตำแหน่งหยุดนิ่งมา

2. การรบกวนเดินไปด้วยอัตราเร็ว ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวกลาง จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในระยะเวลาอันจำกัด

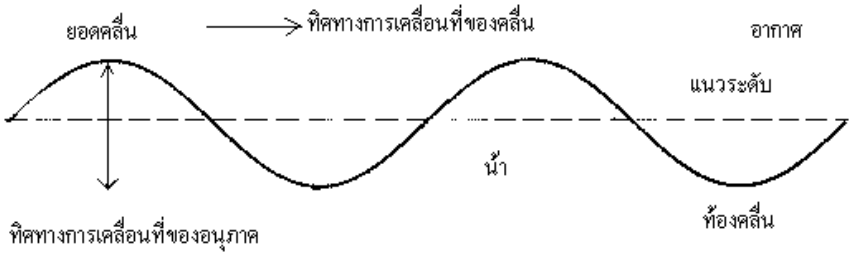
3. คลื่นต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานออกไป ตัวกลางอาจเป็นของแข็งหรือของไหลก็ได้

ก่อนเกิดคลื่น สภาพของตัวกลางอาจอยู่นิ่ง ๆ หรืออยู่ในสภาพไม่สมดุล เช่น การกระจายของคลื่นน้ำ เมื่อโยนก้อนหินลงในสระที่ราบเรียบ เป็นการรบกวนที่เกิดเป็นคลื่น ตรงกันข้ามกับคลื่นในมหาสมุทร ซึ่งสภาพก่อนเกิดคลื่น พื้นน้ำมีการกระเพื่อมอยู่แล้วหรือการกระจายคลื่นเสียงในอากาศก็เป็นตัวอย่างคล้ายคลื่นในมหาสมุทร

ตัวอย่างการโยนก้อนหินลงในลำธาร น้ำไหล ระลอกน้ำที่เกิดขึ้น เดินทางไปได้ทั้งทวนน้ำ และตามน้ำ เช่นเดียวกับคลื่นเสียงที่ทวนลมได้ การเคลื่อนที่ของตัวกลางไม่ใช่ปัจจัยในการเกิดคลื่น แต่มีผลต่ออัตราเร็วของการกระจายคลื่น ซึ่งคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางแต่ละชนิดจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

1. เมื่อพิจารณาลักษณะอนุภาคบนผิวคลื่น มีสองชนิด คือคลื่นตามยาว และคลื่นตามขวาง แบ่งชนิดของคลื่น โดยพิจารณาทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น และของตัวกลางที่ถูกรบกวน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1.1 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านมีการเคลื่อนที่ไปกลับในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนของคลื่น เช่น คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น



คลื่นน้ำ

1.2 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านมีการเคลื่อนที่ไปกลับในทิศทางที่เดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนของคลื่น เช่น คลื่นเสียง, คลื่นในสปริง เป็นต้น

ภาพ คลื่นในสปริง

2. แบ่งชนิดของคลื่นโดยพิจารณา การอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ สามารถแบ่งคลื่นได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1 คลื่นกลหรือคลื่นยืดหยุ่น (Mechanical Wave หรือ Elastic Wave) คือคลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ โดยตัวกลางจะเกิดการสั่นทำให้เกิดการส่งผ่านพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น คลื่นเสียง, คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น

2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) คือคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นแสง, คลื่นวิทยุ เป็นต้น

3. แบ่งตามความต่อเนื่องของแหล่งกำเนิดแบ่งออกได้ 2 ชนิด

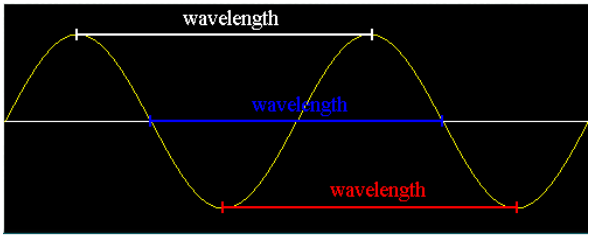
3.1 คลื่นดล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือการรบกวนตัวกลางเป็นช่วงเวลาสั่น ๆ ทำให้เกิดคลื่นเพียง 1 หรือ 2 คลื่น แผ่ออกไป เช่น การนิ้วจุ่มที่ผิวน้ำเพียงครั้งหรือ 2 ครั้ง

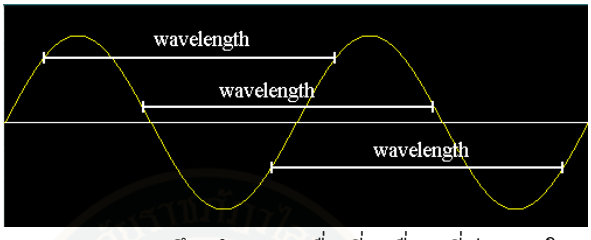
3.2 คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือการรบกวนตัวกลางอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดคลื่นแผ่ออกไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง เช่น การเกิดคลื่นผิวน้ำเนื่องจากแหล่งกำเนิดติดกับมอเตอร์ หรือการสะบัดเชือกอย่างต่อเนื่อง

องค์ประกอบพื้นฐานของคลื่น

โดยทั่วไปคลื่นมีองค์ประกอบพื้นฐานดังนี้

1. ความยาวคลื่น (Wave Length; λ) หมายถึง ความยาวของคลื่น 1 คลื่น เป็นระยะทางที่วัดระหว่างจุดสองจุดที่สั้นที่สุดบนคลื่นที่เฟสตรงกัน ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตร (m)





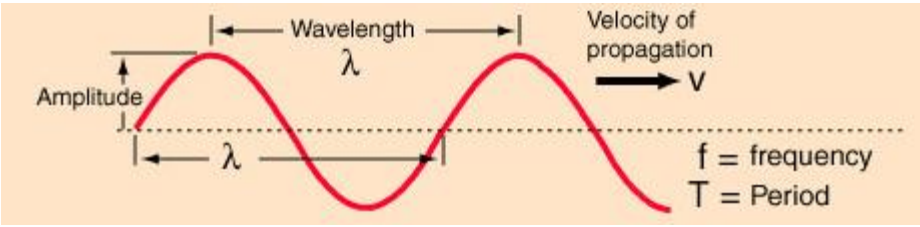
2. ความถี่ (Frequency; f) หมายถึง จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใด ๆในหนึ่งหน่วยเวลา ในระบบ SI มีหน่วยเป็น S^{-1} หรือ เฮิร์ตซ์ (Hz)

3. คาบการเคลื่อนที่ (Period; T) หมายถึง เวลาที่คลื่น 1 คลื่น เคลื่อนที่ผ่านจุดใด ๆ ในระบบ SI มีหน่วยเป็นวินาที (s)

4. อัตราเร็วของคลื่น (Speed; v) หมายถึง ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลาและเนื่องจากขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ไปด้วย อัตราเร็วค่าหนึ่ง เฟสของคลื่นก็เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็ว เท่ากัน ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า อัตราเร็วเฟส (Phase Speed) ของคลื่น ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

5. มุมเฟส (Phases Angle; Φ) หมายถึง มุมที่ใช้กำหนดตำแหน่งบนคลื่นขณะที่เคลื่อนที่ โดยมีความสัมพันธ์กับการกระจัดของการเคลื่อนที่ของคลื่น ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเรเดียน (Radian;)

6. แอมพลิจูด (Amplitude; A) หมายถึง การกระจัดสูงสุดของการสั่นของอนุภาคจากระดับปกติ ค่าของแอมปลิจูด จะบอกค่าพลังงานของคลื่นโดยพลังงานจะแปรโดยตรงกับแอมปลิจูด ในระบบ SI มีหน่วยเป็นเมตร (m)



ที่มา คลังความรู้ SciMath “การเคลื่อนที่แบบคลื่น”

http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7261-2017-06-12-16-09-47

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมชุดที่ 1

การถ่ายโอนพลังงาน

กลุ่มที่ ..... **สมาชิกผู้ร่วมกลุ่ม**

1.....เลขที่.....

2.....เลขที่.....

3.....เลขที่.....

4.....เลขที่.....

5.....เลขที่.....

สถานการณ์ที่กำหนดให้

บอยเล่นเทเบิลเทนนิสริมสระน้ำในสวนสาธารณะ เมื่อปิงปองตกลงไปกลางสระ ซึ่งลึก และไกลมากทำให้ไม่สามารถเอื้อมมือถึงได้ หากนักเรียนเป็นบอย ให้นักเรียนออกแบบเครื่องเก็บลูกปิงปองจากกลางสระ ให้ได้เร็วที่สุด

ขอบเขต

สระน้ำที่สร้างขึ้นห่างจากตำแหน่งยืนที่ระยะ 1 เมตร

1. อุปกรณ์พื้นฐาน ได้แก่

1.กระบะขนาด 240 ลิตร		6. ตะปู	1 ตัว
2. น้ำ 100 ลิตร		7. สายวัด	2 อัน
3. คัตเตอร์	1 ด้าม	8. ลูกปิงปอง	1 ลูก
4. ชุดเกิดคลื่น	1 ชุด	9. หม้อแปลงไฟฟ้า	1 ตัว
5. สายไฟ	4 เส้น		

2. อุปกรณ์ที่ต้องคิดมูลค่า ได้แก่

1. ดินน้ำมัน ก้อนละ 5 บาท		5. ยางหนังสติ๊ก เส้นละ 5 บาท	
2. เชือก	เมตรละ 5 บาท	6. ตะเกียบ	คู่ละ 10 บาท
3. ขวด PET 750 cc. ใบละ 5 บาท		7. ยางวง	ถุงละ 2 บาท
4. ขวด PET 950 cc ใบละ 10 บาท		8. เทปกาว	เมตรละ 10 บาท

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดความของปัญหา (30นาที) (วัดคิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (50นาที) (วัดคิดริเริ่ม , คิดคล่อง,คิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นการออกแบบและวางแผนการทำงาน (ออกแบบ 50 นาที) (คิดคล่อง, คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม)

วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

GRAD VRU

อุปกรณ์ที่ใช้/จำนวน (วัดคิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

งบประมาณ (วัดคิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

การวิเคราะห์การทำงาน (วิเคราะห์ 35 นาที) (คิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การวางแผนการทำงาน (วางแผน 15 นาที) (คิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

GRAD VRU

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติสร้างชิ้นงาน (50นาที) (คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น)
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุง (50นาที) (คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ, คิดคล่อง, นวัตกรรม)
ผลการประเมิน

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

GRAD VRU

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน (30นาที) (คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 7 ขั้นสรุป และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (50 นาที) (วัดยืดหยุ่น)

ด้านวิทยาศาสตร์	ด้านเทคโนโลยี	ด้านวิศวกรรม	ด้านคณิตศาสตร์	การประยุกต์ใช้

ความรู้อื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน การถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งวัดทั้งระหว่างเรียน และผลงานของนักเรียน

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. การระบุปัญหาสาเหตุเกิดของสถานการณ์หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาและการกำหนดขอบเขตของปัญหา (คิดยืดหยุ่น) 1.1 ระบุถึงความต้องการหรือปัญหาที่จะแก้ไข 1.2 มีการนิยามเงื่อนไขของปัญหา 1.3 มีการอธิบายถึงข้อจำกัด	ตามเกณฑ์ได้ตรงประเด็น ชัดเจน และเหมาะสมกับเวลาได้ดีมาก	ตามเกณฑ์ได้ตรงประเด็น ชัดเจน และเหมาะสมกับเวลาได้ดี	ตามเกณฑ์ได้ตรงประเด็น ชัดเจนและเหมาะสมกับเวลาได้พอใช้	ตามเกณฑ์ได้ตรงประเด็น ชัดเจนและเหมาะสมแต่ต้องได้รับคำแนะนำจากครู
2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (คิดริเริ่ม, คิดคล่อง, คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ) 2.1 มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ 2.2 มีการใช้เทคโนโลยีในการรวบรวมข้อมูล 2.3 ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ มีความถูกต้อง เหมาะสม 2.4 มีแนวคิดสำคัญในการแก้ปัญหา	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้เกือบครอบคลุม	ทำตามเกณฑ์ได้เพียงบางส่วน	ทำไม่ได้ตามเกณฑ์
3. การออกแบบและวางแผนการทำงาน (คิดริเริ่ม, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, คิดละเอียดลออ) ถูกต้องตามจุดประสงค์				

GRAD VRU

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
3.1 สามารถออกแบบชิ้นงานได้ 3.2 มีการออกแบบทางเลือกได้มากกว่า 2 อย่าง ที่แตกต่างกัน 3.3 ออกแบบได้ตรงเวลาตามที่กำหนด 3.4 มีการวิเคราะห์การทำงานด้วยตนเองได้อย่างถูกต้องครบถ้วนตามหลักการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม 3.5 การวางแผนการทำงานมีกำหนดวิธีการทำงานตามลำดับก่อน-หลังได้ถูกต้องเหมาะสมกับเวลาที่กำหนดได้ด้วยตนเอง	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้เกือบครอบคลุม ทำตามเกณฑ์ได้เกือบครอบคลุม	ทำตามเกณฑ์ได้เพียงบางส่วน ทำตามเกณฑ์ได้เพียงบางส่วน	ทำไม่ได้ตามเกณฑ์ ทำไม่ได้ตามเกณฑ์
4. ขั้นตอนการปฏิบัติสร้างชิ้นงานเป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน (คิดริเริ่ม, คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ) 4.1ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ระบุไว้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและปลอดภัย 4.2 ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า 4.3 มีการแบ่งหน้าที่ วางแผนการปฏิบัติงาน สื่อสารภายในกลุ่มชัดเจน ช่วยเหลือซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้ แต่ช้าเกือบครอบคลุม	ทำตามเกณฑ์ได้เพียงบางส่วนโดยมีครูคอยดูแลและแนะนำเป็นบางครั้ง	ทำไม่ได้ตามเกณฑ์และต้องมีครูคอยดูแลและแนะนำบ่อยครั้ง

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
5. ประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุง (คิดคล่อง, คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, นวัตกรรม) 5.1 ต้นแบบต้องมีการทดสอบตามเงื่อนไข เพียงพอและชัดเจน 5.2 ต้นแบบต้องแสดงให้เห็นถึงทักษะทางวิศวกรรมชัดเจน 5.3 สามารถอธิบายความผิดพลาดของชิ้นงาน และแก้ปัญหาได้ตรงประเด็น ได้ด้วยตนเอง ตามเวลาที่กำหนด	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	แต่ต้องมีครูคอยดูแลและแนะนำเป็นบางครั้ง	แต่ครูต้องคอยดูแลแนะนำบ่อยครั้ง	ได้ตรงประเด็นบ้าง โดยครูต้องคอยดูและแนะนำตลอดเวลา
6. ขั้นนำเสนอผลงาน (คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ) 6.1 นำเสนอแนวคิด กระบวนการทำงาน ปัญหา การแก้ปัญหาและข้อค้นพบได้อย่างงตรงประเด็น 6.2 มีส่วนร่วมที่มาจากความเข้าใจของสมาชิกทุกคน 6.3 ตอบคำถามได้กระชับ ชัดเจนและช่างคิด 6.4 เข้าใจหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 6.5 เข้าใจการแปลผลและข้อจำกัดของผลการทดสอบและการสรุปผล	ครอบคลุมและชัดเจน เกิดจากความร่วมมือของสมาชิกทุกคน	เกือบครอบคลุมและชัดเจน เกิดจากความร่วมมือของสมาชิกเกือบทุกคน	ด้ครอบคลุมและชัดเจนบางส่วน เกิดจากความร่วมมือของสมาชิกบางคน	ไม่ครอบคลุมและชัดเจน ไม่เกิดจากความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่ม

GRAD VRU

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
6.6 มีความคิดในการทำวิจัยต่อยอด 6.7 มีวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ				
7. การสรุปผลและการประยุกต์ (คิดยืดหยุ่น) 7.1 สามารถสรุปความรู้ แนวคิด การนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ 7.2 สามารถบูรณาการความรู้ได้ครบทั้ง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ 7.3 สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้เกือบครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจนบางส่วน	ทำตามเกณฑ์ไม่ครอบคลุมและชัดเจน
8. ชิ้นงาน (วัดคิดริเริ่ม,คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น) 8.1 มีการเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ตามที่กำหนด 8.2 รูปแบบแปลกใหม่น่าสนใจ แสดงถึงจินตนาการ 8.3 สามารถใช้งานได้จริง 8.4 มีความแข็งแรงตามโครงสร้างทางวิศวกรรม 8.5 มีต้นทุนต่ำ	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้เกือบครอบคลุมและชัดเจน	ทำตามเกณฑ์ได้ครอบคลุมและชัดเจนบางส่วน	ทำตามเกณฑ์ไม่ครอบคลุมและชัดเจน

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยที่ 1 คลื่นกล

เรื่อง การถ่ายโอนพลังงาน

1. ข้อใดเป็นคลื่นประเภทเดียวกับคลื่นน้ำ (ความจำ)

1. คลื่นแสง
2. คลื่นเสียง
3. คลื่นเชือก
4. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ถ้ากระทุ่มน้ำเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ผักตบชวาที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ความเข้าใจ)

1.เคลื่อนที่เข้ามาหา
2.เคลื่อนที่ไปด้านข้าง
3.เคลื่อนที่ออกห่างไปมากขึ้น
4.เคลื่อนที่ขึ้น-ลง อยู่ที่ตำแหน่งเดิม

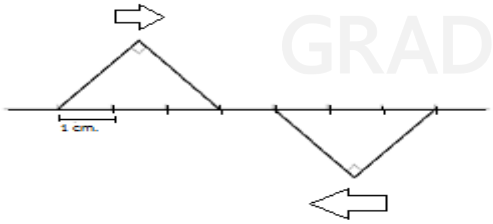
3. คลื่นกลตามยาวและคลื่นตามขวาง ถูกนิยามขึ้นโดยดูจากปัจจัยใดเป็นหลัก (ความเข้าใจ)

1.ความถี่
2.ความยาวคลื่น
3.ความเร็วของคลื่น
4.ทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลาง

4. ในเวลา 3 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ไปได้ 15 ลูก คลื่นมีความถี่กี่เฮิรตซ์ (ความเข้าใจ)

1. 3
2. 5
3. 15
4. 45

5. คลื่นดลสองลูกเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 1 เซนติเมตรต่อวินาที นานเท่าใดที่คลื่นทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้ามาหักล้างกันพอดี (การนำไปใช้)



1. 1.5 วินาที
2. 2.0 วินาที
3. 2.5 วินาที
4. 3.0 วินาที

6. เมื่อสะบัดคลื่นดลในเส้นเชือกที่อยู่ในแนวดิ่ง นักเรียนคนนั้นจะสังเกตเห็นสิ่งใดต่อไปนี้ (การวิเคราะห์)

1. คลื่นดลไม่สะท้อน
2.คลื่นดลจะสะท้อนแบบกลับเฟส ถ้าปลายเชือกนั้นไม่ถูกตรึง
3.คลื่นดลจะสะท้อนแบบกลับเฟส ถ้าปลายเส้นเชือกถูกตรึงแน่น
4.คลื่นดลจะสะท้อนแบบเฟสเดิม ถ้าปลายเชือกถูกตรึงแน่น

GRAD VRU

7. ในการเคลื่อนที่แบบคลื่นนั้นพลังงานจากการสะบัดปลายเชือกด้านหนึ่งจะถ่ายทอดไปยังปลายเชือกอีกด้านหนึ่งได้แสดงว่า (การวิเคราะห์)

1. พลังงานถ่ายทอดไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
2. พลังงานถ่ายทอดหลังจากการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านไปแล้ว
3. พลังงานจะถ่ายทอดไปก่อนที่คลื่นจะเคลื่อนที่มาถึง
4. พลังงานจากคลื่นจะถ่ายเทให้อนุภาคและอนุภาคจะเคลื่อนที่ไปยังปลายเชือก

8. ถ้าสังเกตเห็นว่าแอมพลิจูดของคลื่นเล็กลง จะมีความหมายว่าอย่างไร

ก. อัตราเร็วลดลง
ข. ความถี่ลดลง
ค. พลังงานของคลื่นลดลง
ง. ความยาวคลื่นลดลง

ข้อที่ถูกต้องคือ (การวิเคราะห์)

1. ก. และ ข.
2. ข.
3. ก. และ ง.
4. ค.

9. ข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับความเร็วของคลื่นในเส้นเชือก (การวิเคราะห์)

1. ความเร็วจะมาก ถ้าเป็นเชือกเส้นใหญ่
2. ความเร็วจะมาก ถ้าสะบัดเชือกให้คลื่นมีแอมพลิจูดมาก
3. ความเร็วจะน้อยถ้าสะบัดเชือกให้มีความถี่มาก ๆ
4. ความเร็วจะมาก ถ้าเชือกมีความตึงมาก

10. ในการสะบัดเชือกทำให้เกิดคลื่นรูปซายน์ (sine) เปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลางเชือกกับการเคลื่อนที่ของคลื่น พบว่า

ก. ความถี่ในการสั่นของอนุภาคตัวกลางเท่ากับความถี่คลื่น
ข. ความเร็วในการสั่นของตัวกลางเท่ากับความเร็วคลื่น
ค. ช่วงเวลาที่อนุภาคสั่นครบ 1 รอบ เท่ากับเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 เท่าของความยาวคลื่น

คำตอบที่ถูกต้อง คือ (การวิเคราะห์)

1. ข้อ ก.
2. ข้อ ก. และ ข.
3. ข้อ ก. และ ค.
4. ข้อ ก, ข. และ ค.

11. ข้อใดเป็นจริงสำหรับคลื่นผิวน้ำ (ความจำ)

1. อนุภาคของน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ตามคลื่นไปด้วย แสดงว่า พลังงานไม่ได้ถ่ายทอดไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
2. ขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง อนุภาคของน้ำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับคลื่น
3. เมื่อเกิดคลื่น อนุภาคของน้ำที่เป็นตัวกลาง จะเคลื่อนที่ไปในลักษณะส่วนอัด ส่วนขยาย
4. อนุภาคของน้ำจะเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่กับที่ ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ตั้งฉากกับอนุภาคของน้ำ

12. ลูกบอลลอยอยู่ผิวน้ำจะเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่กับที่ ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ตั้งฉากกับอนุภาคของน้ำ คลื่นผิวน้ำกำลังเคลื่อนที่ไปบนผิวน้ำ สังเกตเห็นยอดคลื่นเคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง 100 เซนติเมตร ขณะที่ผิวน้ำเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งได้ครบ 5 รอบ จากข้อมูลที่ได้ สรุปได้ว่า

ก. ความยาวของคลื่นน้ำเป็น 20 เซนติเมตร

ข. ความถี่ของคลื่นน้ำเป็น 5 รอบ/วินาที

ค. ความเร็วของคลื่นน้ำเป็น 100 เซนติเมตร/วินาที

ข้อที่ถูกคือ (ความจำ)

1. ข้อ ก.
2. ข้อ ข.
3. ข้อ ก., ข.
4. ข้อ ข., ค.

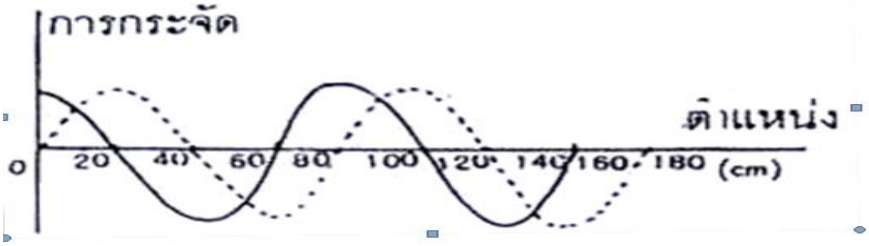
13. ในการตีน้ำด้วยจังหวะสม่ำเสมอ เมื่อเวลาขณะหนึ่ง กระทงซึ่งลอยอยู่ผิวน้ำสั่นขึ้นสูงสุดครั้งแรกและครั้งที่ 4 ห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นเป็น 5 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำนี้เป็นเท่าไร (การวิเคราะห์)

1. 0.5 เมตร
2. 0.75 เมตร
3. 1.0 เมตร
4. 1.25 เมตร

14. ลูกบอลลูกหนึ่งตกลงน้ำและสั่นขึ้นลงหลายรอบทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำแผ่ออกไปเป็นรูปวงกลม เมื่อผ่านไป 5 วินาที คลื่นน้ำแผ่ออกไปได้รัศมีสูงสุดประมาณ 10 เมตร โดยมีระยะระหว่างสันคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 1 เมตร จากข้อมูลดังกล่าว ลูกบอลสั่นขึ้นลงด้วยความถี่ประมาณเท่าใด (การวิเคราะห์)

1. 0.5 เฮิรตซ์
2. 1.0 เฮิรตซ์
3. 2.0 เฮิรตซ์
4. 4.0 เฮิรตซ์

15. จากรูปคลื่นขบวนหนึ่ง เมื่อเวลา t = 0 แสดงด้วยเส้นทึบ และเมื่อเวลาผ่านไป t = 0.2 วินาที แสดงด้วยเส้นประ จงหาความเร็วของคลื่นเป็นกี่เมตร/วินาที (การวิเคราะห์)



1. 0.2
2. 0.2
3. 1.0
4. 1.5

16. ถ้าบนจุด A และจุด B อยู่บนคลื่นเส้นเชือกต่อเนื่องขบวนหนึ่งที่มีความถี่คงที่มีเฟสต่างกัน 180 องศา ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

ก. A เคลื่อนที่กลับไปกลับมาด้วยความถี่ครึ่งหนึ่งของ B

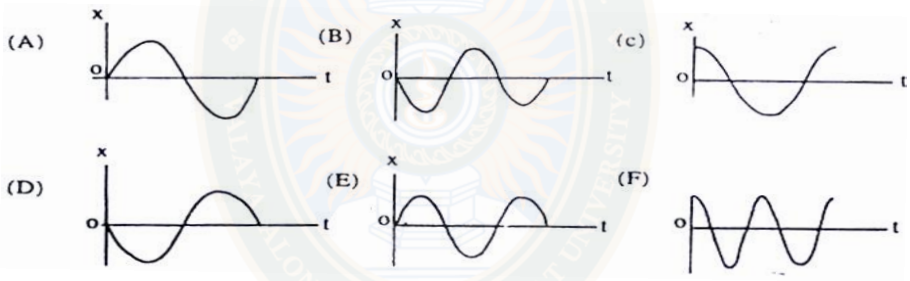
ข. A และ B เคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกันเสมอ

ค. A อยู่ห่างจาก B ครึ่งความยาวคลื่น

จงพิจารณาข้อถูกต้อง (การประเมินค่า)

1. ถูกทุกข้อ
2. ข้อ 1 กับ 2
3. ข้อ 2 กับ 3
4. 2 ข้อเดียว

17. กราฟต่อไปนี้เป็นกราฟของคลื่นในฟังก์ชันของเวลา t จะมีกราฟคู่หนึ่งแสดงถึงคลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากันและเฟสต่างกัน 90 องศา กราฟคู่นั้น คือ (คิดสร้างสรรค์)

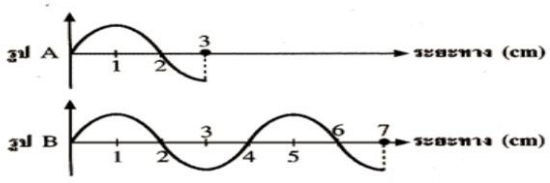


1. A และ B
2. B และ E
3. A และ C
4. E และ F

18. คลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที กระจายออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ การกระเพื่อมของผิวน้ำที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 30 เซนติเมตร และ 48 เซนติเมตร จะมีเฟสต่างกันกี่องศา (คิดสร้างสรรค์)

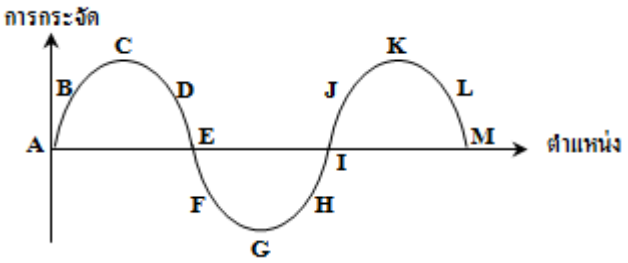
1. 30°
2. 60°
3. 90°
4. 180°

19. จากรูป เป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นจากรูป A เป็นรูป B ภายในเวลา 2 วินาที จงหาความถี่ของคลื่น (ความจำ)



1. 0.5 เฮิรตซ์
2. 1.0 เฮิรตซ์
3. 1.5 เฮิรตซ์
4. 2.0 เฮิรตซ์

20. จากรูปจุดใดมีเฟสต่างกับจุด F เท่ากับ 135° (ความจำ)



1. A, K
2. B, J
3. C, I
4. D, H

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	เฉลย	ข้อที่	เฉลย
1	1	11	1
2	2	12	4
3	2	13	4
4	1	14	4
5	3	15	2
6	4	16	1
7	3	17	2
8	3	18	1
9	4	19	2
10	1	20	3

ตาราง แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบ จากผู้เชี่ยวชาญและ การวิเคราะห์ความยากง่าย

ข้อ	p	r	ความเหมาะสมสอดคล้อง(IOC)
1.	0.3	0.2	1.0
2.	0.45	0.3	0.8
3.	0.4	0.6	1.0
4.	0.2	0.2	0.8
5.	0.2	0.2	0.8
6.	0.25	0.5	0.8
7.	0.25	0.3	1.0
8.	0.25	0.3	0.8
9.	0.2	0.4	1.0
10.	0.4	0.6	0.8
11.	0.2	0.4	0.8
12.	0.35	0.3	1.0
13.	0.15	0.3	1.0
14.	0.4	0.2	1.0
15.	0.3	0.4	0.8
16.	0.6	0.2	1.0
17.	0.6	0.2	1.0
18.	0.35	0.5	1.0
19.	0.45	0.3	1.0
20.	0.2	0.4	1.0

GRAD VRU

รายละเอียดรายวิชา

รหัสและชื่อวิชา	ว31208 ฟิสิกส์03
สภาพรายวิชา	วิชาเพิ่มเติม ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ระดับรายวิชา	ภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เวลาศึกษา	60 คาบเรียน ตลอด 20 สัปดาห์
หน่วยกิต	1.5 หน่วยกิต

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาหลักการของคลื่นในเรื่อง องค์ประกอบและการเคลื่อนที่ของคลื่น สมบัติของคลื่น ธรรมชาติของเสียง สมบัติของคลื่นเสียง การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นเสียง การสั่นพ้องของเสียง บีตส์ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก หูและการได้ยิน ความเข้มของเสียงและมลพิษทางเสียงธรรมชาติของแสง แสงเชิงเรขาคณิต กระจกเงาโค้ง เลนส์บางและหลักการของทัศนอุปกรณ์บางชนิดการรับรู้สีกของนัยน์ตาคน แสงเชิงฟิสิกส์และการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นแสง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิดมีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำ ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำ วัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบคลื่น และการเกิดคลื่นกล
2. อธิบายสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน
3. อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง
4. อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน
5. อธิบายเกี่ยวกับการได้ยินได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลพิษทางเสียงต่อการได้ยิน
6. อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ
7. อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ
8. อธิบายการสะท้อนของแสง การหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง ทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณ
9. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด

GRAD VRU

10. อธิบายการหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง ทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณ

11. อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง ได้แก่ การกระจายแสง การสะท้อนกลับหมดของแสง รุ้งการทรงกลด และมิราจ

12. อธิบายหลักการทำงานของทัศนอุปกรณ์บางชนิด ได้แก่ เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ และกล้องโทรทรรศน์

13. อธิบายความสว่างและการมองเห็นสี

14. อธิบายการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงที่ผ่านช่องเล็กยาว (หรือสลิต) และการใช้เกรตติง

15. อธิบายการกระเจิงของแสง

ตารางการเรียนการสอน

สัปดาห์	กิจกรรมการสอน	การวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
1	การเคลื่อนที่แบบคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
2		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
3		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
4	สมบัติการสะท้อนของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
5		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
6		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
7	สมบัติการหักเหของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
8		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
9		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
10	สมบัติการแทรกสอดของคลื่น	คิดยืดหยุ่น, คิดริเริ่ม, คิดคล่อง
11		คิดละเอียดลออ, คิดยืดหยุ่น, คิดคล่อง, นวัตกรรม
12		คิดยืดหยุ่น, คิดละเอียดลออ
		ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

GRAD VRU

กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมวิชาฟิสิกส์ เรื่องคลื่นกลนี้เป็นกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดสะเต็มศึกษาและหลักการการมีส่วนร่วมโดยอาศัยกระบวนการกลุ่ม สร้างแรงจูงใจภายใน ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้และนวัตกรรมด้วยตนเอง โดยครูจัดสิ่งแวดล้อมให้มีบรรยากาศที่ท้าทายมีทางเลือก และสนับสนุน สื่อ แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งผู้สอนได้จัดให้ผู้เรียนฝึกทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ๆ กลุ่มละ 5 คน โดยร่วมกันทำกิจกรรม แลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ร่วมกัน ตลอดจนมีความรับผิดชอบร่วมกัน พร้อมทั้งช่วยเหลือพึ่งพาซึ่งกันและกันเพื่อเป้าหมายของกลุ่ม ตามประเด็นปัญหาและสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบกิจกรรม ซึ่งในกิจกรรมฝึกการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมจะประกอบด้วยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน และแต่ละด้านประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือประกอบด้วย

1. กิจกรรมการเคลื่อนที่แบบคลื่น
2. กิจกรรมสมบัติการสะท้อนของคลื่น
3. กิจกรรมสมบัติการหักเหของคลื่น
4. กิจกรรมสมบัติการแทรกสอดของคลื่น

GRAD VRU

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์และสังเคราะห์ หลักการของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

แนวคิดพื้นฐาน					หลักการของรูปแบบ
STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins	กระบวนการสืบเสาะ(5E)	
เป็นจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์					1.การจัดการเรียนการการสอนบูรณาการตั้งแต่ 4 ศาสตร์ขึ้นไปได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ มีการเชื่อมโยงความรู้และทฤษฎี ผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยี
เป็นการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เทคโนโลยี ซึ่งความรู้ได้จากการลงมือ	ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัยเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น บุคคลจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในลักษณะหลายทิศทาง ทำให้ได้คำตอบที่แปลกใหม่ ประกอบด้วย 3 มิติ 1) มิติด้านการปฏิบัติการ ใช้ในการกระทำต่อสิ่งเร้า 2) มิติเนื้อหา เกี่ยวกับข้อมูลสามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส 3) มิติของผลผลิตเป็นผลของความคิด เกิด		เสนอวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยยึดหลักว่างานทุกชนิดเกิดขึ้นจากการออกแบบหรือการวิเคราะห์ ทำให้เข้าใจสิ่งนั้นได้อย่างลึกซึ้ง สามารถอธิบายเหตุผลจุดพัฒนาอย่างสร้างสรรค์		2.การที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในกระบวนการเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยี ทำให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้จากข้อมูลระหว่างกระบวนการ ได้ปรับโครงสร้างความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการออกแบบชิ้นงาน การสร้างชิ้นงาน การปรับปรุงชิ้นงาน ทำให้เกิดความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน

GRAD VRU

แนวคิดพื้นฐาน					หลักการของรูปแบบ
STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins	กระบวนการสืบเสาะ(5E)	
	จากการกระทำ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องมีความสามารถด้านความรู้ (Cognition) ขั้นตอนการเสนอวิธีการปฏิบัติต้องมีความคิดแบบเอกนัย และแบบอเนกนัย (Convergent and Divergent) ส่วนการตรวจสอบผลลัพธ์ ต้องมีความสามารถด้านการประเมินค่า (Evaluation)				
เป็นการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เทคโนโลยี ซึ่งความรู้ได้จากการลงมือ	ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัยเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นบุคคลจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในลักษณะหลายทิศทาง ทำให้ได้คำตอบที่แปลกใหม่ ประกอบด้วย 3 มิติ 1) มิติด้านการปฏิบัติการ ใช้ใน	การแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์คือการคิดแบบอเนกนัย เป็นการคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม จนได้ความสามารถในการคิด 4 ประการ คือ 1) คิดคล่อง คือความสามารถในการสร้างแนวคิด ให้ได้คำตอบที่หลากหลาย 2) คิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการสร้างแนวคิดที่หลากหลายให้เป็นประโยชน์			3.ความคิดสร้างสรรค์ มีองค์ประกอบสำคัญคือ 1) ความคิดริเริ่ม 2.) ความคิดยืดหยุ่น 3) ความคิดคล่อง 4) ความคิดละเอียดลออ ซึ่งสามารถฝึกและพัฒนาความคิดผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีได้

แนวคิดพื้นฐาน					หลักการของรูปแบบ
STEM EDUCATION	Guilford	Torrance	Perkins	กระบวนการสืบเสาะ(5E)	
	การกระทำต่อสิ่งเร้า 2) มิติเนื้อหา เกี่ยวกับข้อมูล สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส 3) มิติของผลผลิต เป็นผลของความคิด เกิดจากการกระทำโดยขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องมีความสามารถด้านความรู้ (Cognition) ขั้นตอนการเสนอวิธีการปฏิบัติต้องมีความคิดแบบเอกนัย และแบบอเนกนัย (Convergent and Divergent) ส่วนการตรวจสอบผลลัพธ์ ต้องมีความสามารถด้านการประเมินค่า (Evaluation)	3) คิดริเริ่ม คือ ความสามารถในการสร้างแนวคิด แปลกใหม่ต่างไปจากเดิม และ4) คิดละเอียดลออ คือ ความสามารถในการคิดรายละเอียด ให้สมบูรณ์มากขึ้น ดีกว่าเดิม			
เป็นจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์			เสนอวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยยึดหลักว่างานทุกชนิดเกิดขึ้นจากการออกแบบหรือการวิเคราะห์ทำให้เข้าใจสิ่งนั้นได้อย่างลึกซึ้ง สามารถอธิบายเหตุผลจุดพัฒนา อย่างสร้างสรรค์	เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ทักษะ ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย	4.การที่ผู้เรียนเรียนรู้ฟิสิกส์ผ่านกระบวนการที่จนได้คิดประดิษฐ์ คิดออกแบบ ความรู้ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ใช้วิธีการทางเทคโนโลยี ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจฟิสิกส์อย่างลึกซึ้งมีทักษะปฏิบัติ รวมทั้งสามารถอธิบายเหตุผลหลักการทางฟิสิกส์ได้จากความเข้าใจของตนเอง

ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์และสังเคราะห์ กระบวนการสอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

ขั้นตอนการสอนตามแนวคิดต่างๆ ที่เป็นพื้นฐาน					ขั้นตอนการสอนที่สังเคราะห์ขึ้น
Stem Education	Guilford	Torrance	Perkins	กระบวนการสืบเสาะ (5E)	
1.ขั้นระบุปัญหา	1.ขั้นเตรียมการรับรู้ปัญหา	1.พบความจริง 2. ค้นพบปัญหา		1.สร้างความสนใจ	1.ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดความของปัญหา
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล	2.ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	3.ตั้งสมมติฐาน			2.ขั้นรวบรวมความรู้เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน
3.ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3.ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	4. ค้นพบคำตอบ	1.จุดประสงค์การออกแบบ 2.โครงสร้าง	2.สำรวจและค้นหา	3.ขั้นออกแบบและวางแผนการทำงาน
4. ขั้นวางแผนการดำเนินงาน			3.สร้างรูปแบบจำลอง 4.มีเหตุผล โต้แย้ง	3.อธิบายและลงข้อสรุป	4 ขั้นปฏิบัติสร้างชิ้นงาน
5.ขั้นการทดสอบประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา	4.ขั้นตรวจสอบผล		5.ขั้นพัฒนาและปรับปรุง	4.ประเมินผล	5.ขั้นประเมินและพัฒนา ทดสอบปรับปรุงชิ้นงาน
6.ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา		5.ยอมรับผลการค้นพบ		5.ขยายความรู้	6.ขั้นนำเสนอผลงาน
	5.ขั้นประยุกต์ใหม่				7.ขั้นสรุปและประยุกต์เชื่อมโยง

ภาคผนวก จ

ตาราง การวิเคราะห์ และสังเคราะห์บทบาทครูผู้สอน และ บทบาทนักเรียน

GRAD VRU

บทบาทครู

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย → มาก	บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	1.ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดของปัญหา	-สร้างบรรยากาศเคร่งเครียด - เวลาน้อยเกินไป -จัดสถานที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานกลุ่ม -ภาวะกดดันต้องการคำตอบเพียงคำตอบเดียว -สื่อการสอนไม่เพียงพอ	-เพิกเฉยต่อปัญหาของนักเรียนในการทำงานกลุ่ม	-เวลาในการทำกิจกรรมน้อยเกินไป -กิจกรรมไม่แปลกใหม่	-ไม่รับฟังความคิดเห็นของนักเรียน -มุ่งหาคำตอบที่ถูกต้อง -สร้างขอบเขตจำกัดน้อยเกินไป -เน้นบทบาทความแตกต่างทางเพศมากเกินไป -มีอคติลำเอียง
		-จัดสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา -บรรยากาศสนุกสนาน เป็นกันเองระหว่างเพื่อน-เพื่อน ครู-เพื่อน -สื่อการสอนในการกระตุ้นความคิดเพียงพอ	-กระตุ้นให้เกิดการระดมสมองเพื่อให้เกิดความคิดยืดหยุ่น หลากหลายแนวคิดและคิดคล่อง -ฝึกให้มีการยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน -กระตุ้นให้แสดงความรู้ความคิด	-กำหนดเวลาให้เพียงพอต่อการคิดไตร่ตรอง -กิจกรรมที่น่าสนใจและอยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน	-เร้าความสนใจ ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ -กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการระดมสมอง -ยกย่อง ส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีเหตุผล -สนับสนุนให้ใช้ความคิดและคำถามแปลกๆ -ส่งเสริมการสังเกต สงสัยความอยากรู้อยากเห็น -ใช้คำถามที่ยั่วยุ และกระตุ้นความคิด -สนับสนุนให้ใช้ความคิดและตั้งคำถามแปลกๆ -ส่งเสริมให้เกิดการเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย → มาก

บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
2.ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	-จัดสถานที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานกลุ่ม -สื่อการสอน แหล่งข้อมูลไม่เพียงพอ	-ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนระดมสมอง -ขาดการกระตุ้น	-กิจกรรมที่ง่ายเกินไม่เหมาะสมกับนักเรียน มีคำตอบที่ตายตัว -กิจกรรมที่มีคำตอบตายตัว -กิจกรรมที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ปัญหาที่มีความซับซ้อนเกินไป	-ขาดการกระตุ้น ท้าทาย คำแนะนำ และที่ปรึกษาในการสืบค้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และเชื่อมโยง -เป็นที่ปรึกษา สร้างกำลังใจให้นักเรียนอดทนในการหาคำตอบ
	-จัดหาสื่อ แหล่งข้อมูลให้เพียงพอ -มีสัญญาณInternet เพื่อให้นักเรียนสืบค้น -แนะนำแหล่งข้อมูล นักปราชญ์ชาวบ้าน ผู้รู้ ให้นักเรียนได้สืบค้น	-จัดให้มีการรวมกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกันตามความสมัครใจ -จัดให้มีการระดมสมองคิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบโดยแบ่งหน้าที่ในการทำงาน เพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลาย -ให้นักเรียนรวมกลุ่มเพื่อเรียนรู้ด้วยตนเองและฝึกสืบค้นแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ	-จัดกิจกรรมที่สามารถพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูล -จัดกิจกรรมที่ทำให้เกิดระดมสมอง -จัดกิจกรรมที่ศึกษาแนวคิดผู้ที่ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์ -จัดกิจกรรมสำรวจแหล่งข้อมูลเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางในการหาแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ที่นักเรียนสามารถสืบค้นได้	-กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม -ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้ -ซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจค้นหา -สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน -ให้คำแนะนำ ในการสืบค้นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ -แนะนำการสืบค้นข้อมูล ข้อเท็จจริง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมจากแหล่งต่างๆด้วยตนเอง -กระตุ้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้อย่างหลากหลาย -ยกย่อง ส่งเสริมความคิดที่แปลกใหม่ -ให้กำลังใจนักเรียนและเสนอประเด็น ชี้แนะ

บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
2.ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา		-ฝึกความอดทนต่อการค้นหาคำตอบ การท้าทายความคิด -ฝึกให้มีการสรุปและเชื่อมโยงข้อมูล		แนวทาง นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ -ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์
3.ขั้นการวางแผนการทำงาน	-บรรยากาศที่เคร่งเครียด -เวลาน้อยเกินไป -การจำกัดความคิดและมีขอบเขตของการคิด	-ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนรวมกลุ่ม -ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น -ละเลยต่อการลอกเลียนแบบกัน	-กิจกรรมที่มีเวลาจำกัด -กิจกรรมที่นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติ เป็นนามธรรมมากเกินไป -กิจกรรมที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ	-ไม่ส่งเสริมความคิดแปลกใหม่ -ไม่สนใจต่อความคิดเล็กๆน้อยๆของนักเรียน -บั่นทอนความเชื่อมั่นของนักเรียน -ชักนำความคิดของนักเรียน -ยึดติดกับตำรา เนื้อหา ทฤษฎี
	-บรรยากาศที่สนุกสนาน -เวลาที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรม -มีสัญญาณInternet ให้สามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมในการวางแผนการทำงาน	-กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ -กระตุ้นให้แลกเปลี่ยนความคิดยอมรับความคิดเห็นจากการระดมสมองเพื่อใช้ในการตัดสินใจ -สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครู-ผู้เรียน ผู้เรียน-ผู้เรียน	-เวลาทำกิจกรรมเพียงพอ -จัดกิจกรรมที่สร้างความเชื่อมั่นให้กับนักเรียน -จัดกิจกรรมที่นักเรียนได้ร่วมมือกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น -จัดกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการคิดอเนกนัย จินตนาการ	-ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่นักเรียน -ให้กำลังใจจนได้วิธีการออกแบบแก้ปัญหา การสร้างสิ่งประดิษฐ์ -แนะนำแนวคิดต่างๆที่สามารถเชื่อมโยงความรู้นำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์จนประสบความสำเร็จ -ส่งเสริมความคิดเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีเหตุผล -ส่งเสริมความคิดเห็นที่แปลกใหม่ -ยอมรับคุณค่าและความสามารถของนักเรียน

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย ↑ ↓ มาก	บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	3.ขั้นการออกแบบและวางแผนการทำงาน		-ส่งเสริมให้เกิดการระดมความคิดในการทำงาน วางแผนการทำงาน 1 แผนจากวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาบูรณาการ	-จัดกิจกรรมที่สามารถพัฒนาความสามารถพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สมมุติฐาน -จัดกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง -กำหนดเกณฑ์ ข้อจำกัดในการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	-กระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงการเปลี่ยนแปลง -สร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นภาวะผู้นำของนักเรียน -ส่งเสริมการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือวิธการในการออกแบบการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นไปได้จริงจากข้อมูลทรัพยากรที่จำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อพัฒนาความคิดยืดหยุ่นและความคิดสมเหตุสมผล -เพื่อกระตุ้นให้คิดแปลกใหม่ สิ่งใหม่จากกฎเกณฑ์เดิม -กระตุ้นให้แสดงความรู้คิด ความรู้สึกในแง่มุมต่างๆ อย่างมีเหตุผล
	4.ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน	-อยู่สภาพห้องเรียนเดิมๆ -อุปกรณ์ และสื่อที่เป็นแบบอย่างแนวคิดสิ่งประดิษฐ์ไม่เพียงพอ	-ละเลยต่อการลอกเลียนแบบระหว่างกลุ่ม	-ไม่ใส่ใจการทำงานของนักเรียน	-ปล่อยนักเรียนทำงานโดยไม่ใส่ใจดูแลการทำงาน

	บทบาทครู ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	4.ขั้นปฏิบัติการสร้างชิ้นงาน	-มีสื่อ สิ่งประดิษฐ์ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจ และแนวคิดในการประดิษฐ์ -มีอุปกรณ์เพียงพอในการสร้างชิ้นงาน	-กระตุ้นการทำงานกลุ่มและความรับผิดชอบในกลุ่ม -ฝึกให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน -ควบคุมสถานการณ์ ให้กำลังใจ ให้นักเรียนสามารถทำงานกลุ่มจนประสบความสำเร็จ	-ควบคุมเวลาในการสร้างชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ -ควบคุมการสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามแผนการทำงานที่วางไว้	-ให้กำลังใจในการสร้างชิ้นงาน -สร้างความมั่นใจ เชื่อมั่นในตนเองและภาวะผู้นำของนักเรียน -ชี้แนะ ปรึกษาในการสร้างชิ้นงาน -ยอมรับคุณค่าและความสามารถของนักเรียน -กระตุ้น ให้กำลังใจในความล้มเหลวในการสร้างชิ้นงาน -กระตุ้นการเชื่อมโยงข้อมูลกับสิ่งประดิษฐ์ -สนับสนุนให้นักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้
	5.ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน	-บรรยากาศเคร่งเครียด -สถานที่ไม่เหมาะกับการรวมกลุ่มและทดสอบสิ่งประดิษฐ์	-ครูไม่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล	-กิจกรรมการวิพากษ์วิจารณ์สิ่งประดิษฐ์ไม่อยู่ในขอบเขต -กิจกรรมการแก้ไขชิ้นงานไม่อยู่ในเวลาที่กำหนดและเกณฑ์ที่ตกลงไว้	-ควบคุมสถานการณ์ไม่ได้ -ละเลยไม่สนใจต่อแนวคิดที่แตกต่าง แปลกใหม่ -มุ่งเน้นการแข่งขันมากเกินไป

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย → มาก

บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	-บรรยากาศสนุกสนาน เป็นกันเองระหว่างเพื่อน-เพื่อน ครู-เพื่อน -สถานที่สามารถทำให้นักเรียนสามารถรวมกลุ่มและร่วมกันประเมินชิ้นงานของตนเองและสามารถเห็นการทดสอบประเมินสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่มอื่นได้	-นักเรียนเกิดการระดมสมอง -ควบคุมการวิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อนให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม -ควบคุมสถานการณ์การแลกเปลี่ยนเรียนรู้นอกกลุ่ม -ควบคุมการลอกเลียนแบบระหว่างกลุ่ม	-จัดกิจกรรมการวิพากษ์วิจารณ์สิ่งประดิษฐ์ของเพื่อนต่างกลุ่ม -จัดกิจกรรมการประเมินผลงานของตนเอง ข้อผิดพลาด และข้อควรปรับปรุงโดยมีเอกสารการประเมินจากเพื่อน ครู และตนเองหลังจบการนำเสนอ -ควบคุมเวลาให้อยู่เวลาที่กำหนดและเกณฑ์กำหนด -จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีได้สามารถแก้ไขชิ้นงานจนกว่าจะเป็นที่พอใจ ภายในเวลาที่กำหนด	-ควบคุมสถานการณ์ให้อยู่ในขอบเขต -ส่งเสริมแนวคิดของชิ้นงานที่แตกต่าง แปลกใหม่ -ส่งเสริมให้นักเรียนยอมรับแนวคิดที่แตกต่างออกไป -ให้นักเรียนยอมรับความผิดพลาด

GRAD VRU

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย → มาก	บทบาทครู ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อม	สังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	6.ขั้นการนำเสนอผลงาน	-อุปกรณ์การนำเสนอไม่เพียงพอ และไม่พร้อมต่อการใช้งาน -เวทีการนำเสนอไม่เด่นไปจากผู้ฟัง	-ไม่ให้ความสำคัญของการนำเสนอ -ไม่ให้ความสำคัญของคำถามของนักเรียน	-จัดกิจกรรมไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ เช่น การนำเสนอไม่มีการตอบข้อถาม ทำให้การนำเสนอน่าเบื่อ และมีแต่การรับฟัง ไม่มีการตอบโต้จากผู้ฟัง	-ครูไม่สนใจต่อการนำเสนอผลงานของนักเรียน -ละเลยต่อความผิดพลาดของนักเรียน
		-จัดเวทีนำเสนอให้เด่นชัดเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้นำเสนอ -มีอุปกรณ์การนำเสนอให้พร้อมใช้งานและเพียงพอ -บรรยากาศเป็นกันเอง	-ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงผลงาน แนวคิดและขั้นตอนในการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ -ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้ค้นพบซึ่งกันและกัน -จัดให้มีการซักถาม และตอบคำถามของกลุ่มต่างๆ	-จัดกิจกรรมให้การแลกเปลี่ยนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยจำกัดเวลาในการนำเสนอ และการตอบข้อซักถาม -กิจกรรมที่สามารถอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ -วางแผนกิจกรรม	-กระตุ้นให้สนใจการนำเสนอผลงานของเพื่อน -ฝึกให้นักเรียนยอมรับความผิดพลาดและเรียนรู้ข้อผิดพลาดของตนเองและแนะแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาด -ฝึกให้นักเรียนมีความมั่นใจในตนเอง -ควบคุมสถานการณ์การนำเสนอให้อยู่ในความเรียบร้อย -ชี้แนะแนวทางในการตอบคำถามเมื่อมีปัญหาในการตอบ -เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ ความเข้าใจอย่างหลากหลาย สมเหตุสมผลตามหลักวิชา

ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม น้อย → มาก	บทบาทครู / ขั้นตอนการสอน	การจัดสภาพแวดล้อมสังคม	การวางแผนกิจกรรม	พฤติกรรมของครู
	7.ขั้นสรุปและประยุกต์เชื่อมโยง	-บรรยากาศเคร่งเครียด -สถานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงานกลุ่ม	-ปล่อยให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้กันเองทำให้ความรู้ที่ได้อาจคลาดเคลื่อน	-ขั้นตอนของกิจกรรมไม่ให้ความสำคัญของขั้นตอนการสรุปและเชื่อมโยงความรู้	-ขาดการกระตุ้นและคำปรึกษาจากครู
		-จัดบรรยากาศให้สนุกสนาน -จัดสภาพแวดล้อมให้ครู-นักเรียนสามารถปรึกษาร่วมกันสรุปและเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับเหตุการณ์อื่นได้	-กระตุ้นให้มีการระดมสมองในการสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ระหว่างนักเรียนและครู -กระตุ้นให้มีการระดมสมองนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์อื่นที่มีสถานการณ์คล้ายกัน	-จัดกิจกรรมให้ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้และการนำไปใช้การสร้างสิ่งประดิษฐ์อื่นที่มีสถานการณ์คล้ายกัน	-กระตุ้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมจนได้ข้อสรุปและการแก้ปัญหาอื่นที่มีสถานการณ์คล้ายกัน -กระตุ้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่โดยนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่

บทบาทผู้เรียน

ขั้นตอนการสอน	บทบาทผู้เรียน น้อย ← ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม → มาก	
1. ขั้นระบุปัญหาหรือให้คำจำกัดของปัญหา	-ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น เนื่องจากกลัวผิดพลาด กลัวความล้มเหลว -มุ่งเน้นการหาคำตอบที่ถูกต้อง -จำกัดความคิดของตนเอง ในขอบเขตจำกัด -ไม่ชอบซักถาม -ครูไม่สนับสนุนให้ซักถาม -ไม่กล้าแสดงออก	-แสดงความคิดเห็นต่อคำถามที่ถูกกระตุ้น -ระดมสมองเพื่อทำความเข้าใจ วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้กระบวนการกลุ่ม กระบวนการคิดเพื่อระบุปัญหา -ตอบคำถามแลกเปลี่ยนความรู้แนวคิด ประสบการณ์ซึ่งกันและกันระหว่างเพื่อน-เพื่อน และครู-นักเรียน -เขียนปัญหา คำจำกัดความของปัญหา ขอบข่ายของปัญหาสาเหตุ วัตถุประสงค์ของปัญหา -ระดมสมองในการแสดงความคิดเห็นและนำเสนอคำถามที่หลากหลายจากสถานการณ์ที่จัดให้ได้มากที่สุด -ระดมสมองพิจารณาปัญหาที่ถูกนำเสนอทั้งหมดโดยพิจารณาปัญหาที่สำคัญที่สุดโดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาจากอุปกรณ์ ทรัพยากรที่หาได้ มีในท้องถิ่น สามารถพิสูจน์ได้ด้วยตัวนักเรียน
2.ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	-ตัดสินใจในการเลือกข้อมูลที่ผิดพลาดไม่น่าเชื่อถือ -ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่นำมาใช้ได้ -มุ่งเน้นไปที่การหาคำตอบที่ถูกต้อง -มีแหล่งข้อมูลน้อยเกินไป ไม่รู้จะหาแหล่งข้อมูลอย่างไร	-จัดกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกันตามความสมัครใจ -ระดมสมอง คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลาย -สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ทำความเข้าใจข้อมูล หรือความรู้ใหม่ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา โดยใช้กระบวนการกลุ่ม และกระบวนการคิด -ระดมสมองเพื่อหาแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ -ค้นหา รวบรวมข้อมูลจากสารสนเทศ และข้อเท็จจริง ความรู้หลักการ จากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย และตรวจสอบข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ

ขั้นตอนการสอน	บทบาทผู้เรียน น้อย ← ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม → มาก	
3.ขั้นออกแบบและวางแผนการทำงาน	-ลอกเลียนแบบของเดิม และลอกเลียนแบบเพื่อน -ไม่ยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน -ไม่กล้าแสดงออก -ไม่เปิดรับความคิดใหม่ๆ -ความเคยชิน มองเห็นเพียงมิติเดียว	-ระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา และสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่หลากหลายวิธี และเลือกวิธีที่เหมาะสมตามเงื่อนไข ตามเกณฑ์กำหนด -อธิบายการออกแบบการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี -รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ -กำหนดการทำงาน งบประมาณ เวลา การเตรียมการ คน สถานที่ อุปกรณ์ ที่มีในโรงเรียนและชุมชน ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือวิธีการการแก้ปัญหา
4.ขั้นการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน	-รู้สึกไม่ดีที่ต้องรับความเสี่ยง -ไม่ยอมสนใจสิ่งที่ท้าทายความคิด -เฉื่อยชา อืดอาด เกียจคร้านไม่เอาจริงเอาจัง -ขาดความอดทนต่ออุปสรรคในการสร้างสิ่งประดิษฐ์	-ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ -ระดมสมองเพื่อวางแผนการทำงานที่รัดกุมและนำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติ สร้างต้นแบบตามที่ออกแบบและเกณฑ์ที่กำหนด
5.ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน	-ประเมินผลเร็วเกินไป -มีอคติลำเอียง เชื่อความคิดและทัศนะคติของตนเอง -ขาดความอดทนต่ออุปสรรค ความลมเหลวในการปรับปรุง	-ระดมสมองในการสร้างเกณฑ์การประเมินผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม -ประเมินต้นแบบของเพื่อน ของตนเองโดยวิพากษ์วิจารณ์การออกแบบผลงานของเพื่อนตามเกณฑ์ที่กำหนด -นำเสนอผลงาน ทำการทดสอบและปรับปรุงผลงาน โดยเสริมแต่งความคิดใหม่เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่นอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยมีขอบเขตเรื่องของเวลา

ขั้นตอนการสอน	บทบาทผู้เรียน น้อย ← ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม → มาก	
6. ขั้นการนำเสนอผลงาน	- กลัวความล้มเหลวและผลที่ได้รับจากกลุ่ม - เน้นบทบาทมากเกินไป - บรรยากาศที่เคร่งครัดเอาจริงเอาจังมากเกินไป - ไม่สามารถใช้หลักการทางวิชาการมาอธิบายผลงานของตนเอง	- ร่วมกันนำเสนอผลงานองตนเองดังนี้ 1) นำเสนอหน้าชั้นเรียน 2) จัดทำโปสเตอร์เสนอผลงาน 3) นำเสนอบนเว็บเผยแพร่ความรู้ให้ผู้อื่น - แสดงความรู้ ความเข้าใจของตนเอง จากงานของตน โดยระบุความรู้ที่ได้จากผลงานของตนเองตามเกณฑ์ที่กำหนด - นำเสนอปัญหาอุปสรรค วิธีการแก้ปัญหา ปัญหาการทำกิจกรรม แนวทางการแก้ปัญหา แนวคิดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ความภาคภูมิใจในผลงานของตน - นำเสนอผลงานของตนเองเสนอต่อเพื่อน ชุมชน ตามหลักวิชาการ - ร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อนๆ เพื่อให้เกิดการแบ่งปันความรู้ ความเข้าใจของตนแก่ผู้อื่นไปพร้อม ๆ กัน
7. ขั้นสรุปและประยุกต์เชื่อมโยง	- มุ่งเน้นการหาคำตอบที่ถูกต้อง - ไม่เปิดรับความคิดใหม่ๆ - จำกัดความคิดของตนเองในขอบเขตจำกัด - เคยชินกับการมองคำตอบมิติเดียว	- สรุปความรู้จากกิจกรรมจนเกิดความรู้ใหม่ - นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเพื่อเพิ่มความชำนาญ ความเข้าใจและความสามารถในการนำความรู้ไปใช้อย่างมีคุณธรรม และจริยธรรม

ภาคผนวก ฉ

ตาราง การวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

GRAD VRU

แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	พฤติกรรม	แนวการวัดและประเมินผล
1.ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	1. คิดริเริ่ม	คิดแปลกใหม่ต่างจากความคิดปกติธรรม ดัดแปลงประยุกต์ สร้างใหม่	-ชอบซักถาม มีคำถามแปลกๆ -มองสิ่งต่างๆ ในแง่มุมที่แปลก -มีจินตนาการผสมกับเหตุผล -กล้าคิดสิ่งแปลกใหม่ -กล้าแสดงออก -ไม่ชอบเลียนแบบ	-วัดและประเมินจากความคิดหรือผลงานออกแบบ สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกแตกต่าง มีความซ้ำในแบบนั้นน้อยมากหรือไม่ซ้ำใคร
	2. คิดคล่อง	คิดได้รวดเร็ว ปริมาณความคิดมากในเวลาที่จำกัดและปริมาณที่มากกว่าเพื่อน	-มีความคล่องแคล่วในการตัดสินใจปัญหา -มีความคล่องในการคิด	-กำหนดช่วงเวลาในการคิดการปฏิบัติ วัดจากการทำงานสำเร็จในเวลาที่กำหนดและปริมาณที่มากกว่าเพื่อน -สามารถแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย
	3. คิดยืดหยุ่น	เสนอแนวคิดหลากหลายแนวทาง หลากหลายแง่มุมหลากหลายแบบ	-มีความพยายามในการทำงานยากๆ -ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น -กล้าแสดงความคิดขัดแย้งกับคนอื่น -ไม่ชอบเลียนแบบ -มีความคิดพลิกแพลงในการแก้ปัญหาต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วง -ยอมรับและสนใจสิ่งแปลกใหม่ -ไม่ยึดติด -มีความคิดอิสระได้หลายทาง	-วัดและประเมินจากจำนวนหรือความมากของแนวทาง แบบ ประเภทในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน -สามารถประยุกต์วิธีการแก้ปัญหา แนวคิดสิ่งประดิษฐ์ต่างๆเข้าด้วยกัน -วัดและประเมินการผสมผสานแนวคิดหลากหลายในการออกแบบและประโยชน์ที่หลากหลายของผลงาน

แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	พฤติกรรม	แนวการวัดและประเมินผล
1.ด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	3.คิดยืดหยุ่น	เสนอแนวคิดหลากหลายแนวทาง หลากหลายแง่มุม หลากหลายแบบ คิดวิธีการหรือผลงานที่มีพื้นฐานจากหลากหลายองค์ความรู้ หลากหลายวิธีการรวมกันเป็นผลงานที่ดีวิธีการที่ดี	-มีความสามารถในการดัดแปลงความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆด้าน ดัดแปลงไม่ซ้ำกัน -นำความรู้และทักษะที่หลากหลายมาปรับใช้ในการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการในสถานการณ์ใหม่ได้	
	4.คิดละเอียดลออ	คิดถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชา	-รอบคอบ -มีความคิดที่ซับซ้อน -สามารถใช้หลักการทางวิชาการอธิบายแผนงาน ผลงานให้ชัดเจน -มีความสามารถในการขยายความคิดให้สมบูรณ์มากขึ้น	-วัดและประเมินความถูกต้อง ความมีเหตุผลในการเสนอผลการใช้ความรู้ประกอบการอธิบายทำให้เข้าใจได้ชัดเจน ครอบคลุม
	5.ประโยชน์ของผลงาน	ผลงานใช้งานได้จริง มีประโยชน์ต่อบุคคล ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	-สามารถใช้ได้จริง -มีประโยชน์ต่อสังคม เป็นที่ต้องการของสังคม -ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม -คุ้มค่ากับการลงทุน	-วัดและประเมินด้วยการทดสอบการใช้ได้จริงจากการใช้แล้วเกิดประโยชน์จริง

แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	พฤติกรรม	แนวการวัดและประเมินผล
2.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์	4.การประเมิน	ความสามารถในการพิจารณา ตัดสินคุณค่าของความคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ เป็นการตัดสินว่าอะไรดีอย่างไรใช้หลักเกณฑ์เชื่อถือได้โดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในและภายนอก	1.สามารถประเมินข้อมูลที่จะนำมาใช้ได้ 2.สามารถชี้ข้อมูลที่ถูก ที่ผิดได้ 3.สามารถวินิจฉัยข้อมูลที่ถูกได้ 4.สามารถเทียบคุณค่าของข้อมูลได้ 5.สามารถประเมินสิ่งประดิษฐ์ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนด	-วัดและประเมินผลจากข้อมูลที่ถูกที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ -วัดและประเมินผลจากการประเมินสิ่งประดิษฐ์ของตนเอง ของเพื่อน ที่เหมาะสมออย่างไม่อคติและผลการประเมินไม่ต่างจากที่เพื่อนและครูประเมินให้นักเรียนไม่เกิน 10%
	5.สร้างสรรค์	ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผนผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้	1.สามารถออกแบบแนวคิดการสร้างประกอบ สิ่งประดิษฐ์ขึ้นใหม่โดยไม่ซ้ำแบบใครได้ 2.สามารถออกแบบแนวคิด ผลงานที่แปลกใหม่ ได้	-วัดและประเมินแนวคิดที่หลากหลาย จำนวนมาก สามารถนำความคิดที่หลากหลายมาผสมผสานจนได้แนวคิดใหม่ที่แตกต่างไป ไม่ซ้ำแบบใครจากกฎเกณฑ์เดิม อย่างมีเหตุมีผล

แนวคิดและองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียน

ผลที่เกิดกับผู้เรียน	องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	พฤติกรรม	แนวการวัดและประเมินผล
2.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์	4.การประเมิน	ความสามารถในการพิจารณา ตัดสินคุณค่าของความคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ เป็นการตัดสินว่าอะไรดีอย่างไรใช้หลักเกณฑ์เชื่อถือได้โดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในและภายนอก	1.สามารถประเมินข้อมูลที่จะนำมาใช้ได้ 2.สามารถชี้ข้อมูลที่ถูก ที่ผิดได้ 3.สามารถวินิจฉัยข้อมูลที่ถูกได้ 4.สามารถเทียบคุณค่าของข้อมูลได้ 5.สามารถประเมินสิ่งประดิษฐ์ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนด	-วัดและประเมินผลจากข้อมูลที่ถูกที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ -วัดและประเมินผลจากการประเมินสิ่งประดิษฐ์ของตนเอง ของเพื่อน ที่เหมาะสมออย่างไม่อคติและผลการประเมินไม่ต่างจากที่เพื่อนและครูประเมินให้นักเรียนไม่เกิน 10%
	5.สร้างสรรค์	ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผนผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้	1.สามารถออกแบบแนวคิดการสร้างประกอบ สิ่งประดิษฐ์ชิ้นใหม่โดยไม่ซ้ำแบบใครได้ 2.สามารถออกแบบแนวคิด ผลงานที่แปลกใหม่ ได้	-วัดและประเมินแนวคิดที่หลากหลาย จำนวนมาก สามารถนำความคิดที่หลากหลายมาผสมผสานจนได้แนวคิดใหม่ที่แตกต่างไป ไม่ซ้ำแบบใครจากกฎเกณฑ์เดิม อย่างมีเหตุมีผล

ภาคผนวก ช

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

ผู้เชี่ยวชาญระยะที่ 1

1. ดร.วชิร ศรีคุ้ม	ผู้เชี่ยวชาญ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ (มัธยมศึกษาตอนต้น)
2. ดร.กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์	ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4
3. ดร.อภิสิทธ์ ธงไชย	ผู้เชี่ยวชาญ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สำนักบริหารเครือข่ายและพัฒนาวิชาชีพครู
4. ดร.สุภาภรณ์ มั่นเกตุวิทย์	อุปนายก สมาคมพัฒนาวิชาชีพครูแห่งประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
5. ดร.เลอลักษณ์ โอทกานนท์	อาจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
6. ดร.ศักดิ์ สุวรรณฉาย	อาจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
7. ดร.สุธี พรรณหาญ	อาจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

GRAD VRU

แบบประเมินดัชนีความเหมาะสม สอดคล้ององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

.....

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย นางสาวจีรพรรณ ชวาลสันตติ

คำชี้แจง

1. เอกสารชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์องค์ประกอบรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ผู้วิจัยขอความกรุณาท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาฯ ตามข้อคำถามสำหรับการวิจัยแต่ละข้อว่า มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการ วัตถุประสงค์ สาระสำคัญ กระบวนการสอน บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน กับหลักการ ขั้นตอนการสอนของรูปแบบที่ศึกษาหรือไม่

2. สิ่งที่ส่งมาเพื่อพิจารณาได้แก่ บทที่ 1 ของเค้าโครงวิทยานิพนธ์ กรอบแนวคิดองค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้ท่านผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบฯ

3. ให้ท่านผู้เชี่ยวชาญพิจารณาองค์ประกอบของรูปแบบ โดยผู้วิจัยได้เสนอเอกสารประกอบการพิจารณาดังนี้

1) แผนภาพสรุปองค์ประกอบของรูปแบบ

2) เอกสารสรุปแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบ

3) เอกสารแสดงการวิเคราะห์สังเคราะห์หลักการของรูปแบบ

4) เอกสารแสดงการวิเคราะห์สังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนตามรูปแบบฯ และคำอธิบายขั้นตอน

5) เอกสารอธิบายบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียนระบบสังคม ของรูปแบบ และระบบสนับสนุน

6) เอกสารอธิบายแนวคิด และองค์ประกอบของผลที่เกิดกับผู้เรียนตามรูปแบบ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องแสดงความคิดเห็น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+ 1 หมายถึง ประเด็นที่นำเสนอมีความเหมาะสม/สอดคล้อง

0 หมายถึง ประเด็นที่นำเสนอไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสม/สอดคล้อง

-1 หมายถึง ประเด็นที่นำเสนอไม่มีเหมาะสม/สอดคล้อง

ประเด็นการประเมิน		ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			
		+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
1.	หลักการของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน				
2.	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน				
3.	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์				
4.	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ				
5.	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม				
6.	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์ฯ				
7.	หลักการตอบสนองของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน				
8.	ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิดพื้นฐาน				
9.	ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ				
10.	ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน				
11.	ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่เกิดขึ้นกับนักเรียนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐาน				

ประเด็นการประเมิน		ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			
		+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
12.	บทบาทผู้สอนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน				
13.	บทบาทผู้เรียนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน				
14.	หลักในการตอบสนองสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน				
15.	ระบบสังคมสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน				
16.	ระบบสนับสนุนสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ				

ลงชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ .....

(.....)

วันที่ .....เดือน.....พ. ศ. .....

GRAD VRU

ตาราง แสดงผลการประเมินความเหมาะสม สอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ / รายการประเมิน	1	2	3	4	5	6	7	รวม	ค่าดัชนี	ความหมาย
หลักการของรูปแบบการสอนมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เหมาะสมสอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เหมาะสมสอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	+1	+1	0	+1	+1	+1	0	5	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง

GRAD VRU

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ / รายการประเมิน	1	2	3	4	5	6	7	รวม	ค่าดัชนี	ความหมาย
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม	+1	+1	0	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนฯ นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์ฯ	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เหมาะสมสอดคล้อง
หลักการตอบสนองของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิดพื้นฐาน	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง

GRAD VRU

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ / รายการประเมิน	1	2	3	4	5	6	7	รวม	ค่าดัชนี	ความหมาย
ระบบปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
ผลด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมที่เกิดขึ้นกับนักเรียนของรูปแบบการสอนฯ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิดพื้นฐานรูปแบบการสอน	+1	0	0	+1	+1	+1	+1	5	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
บทบาทผู้สอนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
บทบาทผู้เรียนสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
หลักในการตอบสนองสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน	+1	0	+1	+1	0	+1	+1	5	0.71	เหมาะสมสอดคล้อง

GRAD VRU

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ / รายการประเมิน	1	2	3	4	5	6	7	รวม	ค่าดัชนี	ความหมาย
ระบบสังคมสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง
ระบบสนับสนุนสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เหมาะสมสอดคล้อง

GRAD VRU

ภาคผนวก ซ

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

ผู้เชี่ยวชาญระยะที่ 2

1. นายวัชรวิทย์ สิรภัทรวีรกุล ศึกษานิเทศก์ สพม.เขต 4 ปทุมธานี-สระบุรี
2. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย นักวิชาการ เชี่ยวชาญ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 924 ถ.สุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กทม. 10110
3. นายชาลี ขุนสูงเนิน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนหนองแค สพม.เขต4 ปทุมธานี-สระบุรี
4. นายอารมณ์ เบสูงเนิน ครู เชี่ยวชาญ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย สระบุรี สพม.เขต4 ปทุมธานี-สระบุรี
5. ดร.สุพจน์ เกิดสุวรรณ์ อาจารย์พิเศษมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ระดับปริญญาโทรายวิชาวิธีวิทยาการวิจัยทางสังคมศาสตร์ การวิจัยทางการบริหารการศึกษา การวิจัยพัฒนาหลักสูตร สถิติเพื่อการวิจัย และการวัดและประเมินผลการศึกษา

ตาราง แสดงข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 1) ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ ในขั้นตอนการสอนควรขยายความให้มากขึ้น 2) ทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ (Guilford) กล่าวว่าอย่างไร 3) แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ให้อ้างอิง ที่มาด้วย 4) หลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการปรับปรุง ควรใช้หลักสูตรที่ปรับปรุงแล้ว	1. ด้านแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐาน 1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิส์ ขั้นตอนการสอนได้ขยายความให้ชัดเจนมากขึ้น 2) ปรับทฤษฎีการสร้างเชาว์ปัญญาของ (Guilford) ให้มีความกระชับมากขึ้นดังนี้ 3) แนวคิดประดิษฐ์ (Inventive Thinking) ให้มีความน่าเชื่อถือ จึงได้เพิ่มการอ้างอิง 4) ปรับเป็นหลักสูตรวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมตามหลักสูตรแกนกลางทางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
2. ด้านกระบวนการ 1) ขั้นปรับพื้นฐาน ควรให้สอดคล้องกับกิจกรรมและเปลี่ยนคำจำกัดความใหม่ให้ตรงกับตารางวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ	2. ด้านกระบวนการ 1) ขั้นปรับพื้นฐาน ปรับเป็นขั้นที่ 2 ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ และกิจกรรม

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง
2) ขั้นการประเมินเช็คและปรับปรุง ควรปรับ ใหม่ยังไม่เหมาะสม 3) ขั้นสรุปและนำความรู้ไปใช้ ควรปรับคำจำกัดความใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรม 4) ขั้นการนำเสนอ ควรปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 5) ขั้นสรุปและนำความรู้ไปใช้ให้ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรมมากขึ้น 6) กระบวนการไม่ควรเป็นเส้นตรง ควรมีวงจรย้อนกลับไปมาได้ 7) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ ควรปรับคำว่า วัฏจักรการสืบเสาะ 5E	2) ขั้นการประเมินเช็คและปรับปรุง ปรับใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรม 3) ขั้นสรุปและนำความรู้ไปใช้ ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 4) ขั้นการนำเสนอปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 5) ขั้นสรุปและนำความรู้ไปใช้ปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรม 6) ปรับกระบวนการเป็นวงจรย้อนกลับไปมาได้ 7) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการสอนฯ ปรับเป็นกระบวนการสืบเสาะ 5E
3. ระบบสังคม ควรมีการเชื่อมโยงให้ถึงระดับ STEM CARREER	3. ระบบสังคม เชื่อมโยง STEM CARREER ในบทบาทสมมุติกับสถานการณจำลองให้เด็กได้ทำกิจกรรม
4.ระบบสนับสนุน ควรเพิ่มสถานะครู ให้มีสถานะผู้นำด้านนวัตกรรมและเป็นตัวอย่างที่ดีของนักเรียน	4.ระบบสนับสนุน จัดบรรยากาศ ให้เห็นแนวทางและตัวอย่างในการสร้างนวัตกรรม
5.บทบาทผู้สอน ควรปรับให้เป็นตารางเพื่อให้เข้าใจง่าย	5.บทบาทผู้สอน ปรับใส่ตารางแบบรูบิคเพื่อให้เข้าใจง่าย
6. ผลที่เกิดกับผู้เรียน ควรเพิ่มพฤติกรรมที่แสดงออกถึงองค์ประกอบ	6. ผลที่เกิดกับผู้เรียน เพิ่มพฤติกรรมที่แสดงตามองค์ประกอบตัวชี้วัด

ภาคผนวก ฌ

แบบประเมินความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และ แบบวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

GRAD VRU

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญระยะที่ 2

1. นายวัชรวิทย์ สิรภัทรวีรกุล	ศึกษานิเทศก์ สพม.เขต 4 ปทุมธานี-สระบุรี
2. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย	นักวิชาการ เชี่ยวชาญ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. นายชาลี ขุนสูงเนิน	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนหนองแค สพม.เขต4 ปทุมธานี-สระบุรี
4. นายอารมณ์ เบสูงเนิน	ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย สระบุรี สพม. เขต4 ปทุมธานี- สระบุรี
5. ดร.สุพจน์ เกิดสุวรรณ์	อาจารย์พิเศษมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ระดับปริญญาโทรายวิชาวิธีวิทยาการวิจัยทางสังคมศาสตร์ การวิจัยทางการบริหารการศึกษา การวิจัยพัฒนาหลักสูตร สถิติเพื่อการวิจัย และการวัดและประเมินผลการศึกษา

GRAD VRU

แบบประเมินความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และ แบบวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม

คำชี้แจง เกี่ยวกับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1. การประเมินรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์
2. เอกสารเพื่อพิจารณาในการประเมินประกอบด้วย
   2.1 แผนภาพองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
   2.2 แผนการสอนฟิสิกส์
   2.3 แบบวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
   2.4 แบบประเมินความเหมาะสมสอดคล้องแผนการสอนฟิสิกส์ฯและแบบวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม
3. การประเมินความเหมาะสมครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับหลักการ และแนวคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน กระบวนการสอน การวัดประเมินผล โดยทานสามารถพิจารณารายละเอียดของรูปแบบการสอนได้จากรูปแบบการสอนที่ส่งมาพร้อมกันนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม อันมีประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ผู้วิจัย นางสาวจีรพรรณ ชวาลสันตติ

GRAD VRU

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of Physics Instruction Model by STEM Education Concept to Develop Innovative Creativity and Achievement of Grade 11 students.

ผู้วิจัย นางสาวจีรพรรณ ชวาลสันตติ
นิสิตระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา คงทอง

GRAD VRU

แบบประเมินความเชื่อมั่นของแผนการจัดการสอนฟิสิกส์โอยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

คำชี้แจง ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ จึงขอความกรุณาท่านช่วยพิจารณาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและความเมินความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับการตัดสินใจของท่านมากที่สุด โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

5 หมายถึง มากที่สุด
4 หมายถึง มาก
3 หมายถึง ปานกลาง
2 หมายถึง น้อย
1 หมายถึง น้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1.	แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ซึ่งมี 7 ขั้นตอนตามรูปแบบ แหล่งเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลซึ่งมีกรอบแนวคิดตามรูปแบบ						
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
3.	กระบวนการเรียนรู้						
3.1	ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดของปัญหาเหมาะสม						
3.2	ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเหมาะสม						
3.3	ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงานเหมาะสม						

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
3.4	ขั้นปฏิบัติการสร้างชิ้นงานเหมาะสม						
3.5	ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงานเหมาะสม						
3.6	ขั้นการนำเสนอผลงานเหมาะสม						
3.7	ขั้นสรุป และการประยุกต์ที่เหมาะสม						
4.	ขั้นตอนของกิจกรรมทั้ง 7 ขั้นมีลำดับเหมาะสมสอดคล้อง						
5.	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
6.	แบบวัด และประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดของรูปแบบ						
7.	การวัด และประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						

ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

ตำแหน่ง.....

GRAD VRU

ตาราง แสดงผลการประเมินความเชื่อมั่นของ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{x}$	S.D.
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.	แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ซึ่งมี 7 ขั้นตอนตามรูปแบบ แหล่งเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลซึ่งมีกรอบแนวคิดตามรูปแบบ	5	4	5	5	5	4.8	0.45
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.8	0.45
3.	กระบวนการเรียนรู้							
3.1	ขั้นระบุปัญหา หรือให้คำจำกัดของปัญหาเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.2	ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.3	ขั้นการออกแบบ และวางแผนการทำงานเหมาะสม	4	4	4	5	5	4.4	0.55
3.4	ขั้นปฏิบัติการสร้างชิ้นงานเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.6	0.55
3.5	ขั้นประเมินพัฒนาทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงานเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.6	ขั้นการนำเสนอผลงานเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.6	0.55
3.7	ขั้นสรุป และการประยุกต์ที่เหมาะสม	5	4	4	4	5	4.4	0.55
4.	ขั้นตอนของกิจกรรมทั้ง 7 ขั้นมีลำดับเหมาะสมสอดคล้อง	4	4	4	5	5	4.4	0.55
5.	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.4	0.55

ข้อ	รายการ	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{x}$	S.D.
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
6.	แบบวัด และประเมินผลความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดของรูปแบบ	4	5	5	5	4	4.6	0.55
7.	การวัด และประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	4.6	0.55

GRAD VRU

ภาคผนวก ญ
ผลการวิเคราะห์ผลการสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 ปีการศึกษา 2559 - 2561

GRAD VRU

ตาราง แสดงผลการสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2559 -2561

ปีการศึกษา	ผู้เข้าสอบ	คะแนนเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	คะแนนสูงสุด (Max)	คะแนนต่ำสุด (Min)
2559	378,268	31.62	8.96	92.00	0.00
2560	372,232	29.37	12.03	96.80	1.60
2561	372,727	30.51	11.08	98.40	1.60

ตาราง แสดงคะแนนเฉลี่ยของผลการสอบ O-NET ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์ จำแนกตามสาระ

ปีการศึกษา	N	$\overline{x}$	S.D.
2559	378,268	25.14	15.07
2560	372,232	31.46	17.25
2561	372,727	23.38	15.34
รวม	1,123,227	26.63	

ภาคผนวก ฎ

ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยอิงแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

GRAD VRU

T-Test

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
physics	32	14.2500	3.24286	.57326

One-Sample Test

	Test Value = 13					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
physics	2.181	31	.037	1.25000	.0808	2.4192

General Linear Model

Within-Subjects Factors

Measure:MEASURE_1

factor1	Dependent Variable
1	time1
2	time2
3	time3
4	time4

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
time1	7.5000	3.05857	32
time2	9.6250	2.52408	32
time3	10.8281	3.01237	32
time4	14.0313	3.27734	32

GRAD VRU

Multivariate Tests[b]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
factor1	Pillai's Trace	.742	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Wilks' Lambda	.258	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Hotelling's Trace	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Roy's Largest Root	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000

a. Exact statistic

b. Design: Intercept

Within Subjects Design: factor1

Mauchly's Test of Sphericity[b]

Measure:MEASURE_1

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon[a]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
factor1	.881	3.778	5	.582	.933	1.000	.333

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

b. Design: Intercept

Within Subjects Design: factor1

GRAD VRU

Multivariate Tests[b]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
factor1	Pillai's Trace	.742	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Wilks' Lambda	.258	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Hotelling's Trace	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000
	Roy's Largest Root	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000

Tests of Within-Subjects Effects

Measure:MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
factor1	Sphericity Assumed	714.975	3	238.325	36.382	.000
	Greenhouse-Geisser	714.975	2.799	255.459	36.382	.000
	Huynh-Feldt	714.975	3.000	238.325	36.382	.000
	Lower-bound	714.975	1.000	714.975	36.382	.000
Error(factor1)	Sphericity Assumed	609.213	93	6.551		
	Greenhouse-Geisser	609.213	86.762	7.022		
	Huynh-Feldt	609.213	93.000	6.551		
	Lower-bound	609.213	31.000	19.652		

Tests of Within-Subjects Contrasts

Measure:MEASURE_1

Source	factor1	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
factor1	Linear	692.016	1	692.016	85.503	.000
	Quadratic	9.299	1	9.299	1.925	.175
	Cubic	13.660	1	13.660	2.030	.164
Error(factor1)	Linear	250.896	31	8.093		
	Quadratic	149.764	31	4.831		
	Cubic	208.553	31	6.728		

Tests of Between-Subjects Effects

Measure:MEASURE_1
Transformed Variable:Average

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	14101.502	1	14101.502	887.498	.000
Error	492.561	31	15.889		

Estimated Marginal Means

Grand Mean

Measure:MEASURE_1

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
10.496	.352	9.778	11.215

2. factor1

Estimates

Measure:MEASURE_1

factor1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	7.500	.541	6.397	8.603
2	9.625	.446	8.715	10.535
3	10.828	.533	9.742	11.914
4	14.031	.579	12.850	15.213

Pairwise Comparisons

Measure:MEASURE_1

(I) factor1	(J) factor1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-2.125*	.559	.001	-3.264	-.986
	3	-3.328*	.663	.000	-4.680	-1.976
	4	-6.531*	.714	.000	-7.988	-5.075
2	1	2.125*	.559	.001	.986	3.264
	3	-1.203	.645	.072	-2.519	.113
	4	-4.406*	.578	.000	-5.586	-3.227
3	1	3.328*	.663	.000	1.976	4.680
	2	1.203	.645	.072	-.113	2.519
	4	-3.203*	.667	.000	-4.563	-1.843
4	1	6.531*	.714	.000	5.075	7.988
	2	4.406*	.578	.000	3.227	5.586
	3	3.203*	.667	.000	1.843	4.563

Based on estimated marginal means

Estimates

Measure:MEASURE_1

factor1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	7.500	.541	6.397	8.603
2	9.625	.446	8.715	10.535
3	10.828	.533	9.742	11.914

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Multivariate Tests

	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's trace	.742	27.781[a]	3.000	29.000	.000
Wilks' lambda	.258	27.781[a]	3.000	29.000	.000
Hotelling's trace	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000
Roy's largest root	2.874	27.781[a]	3.000	29.000	.000

Each F tests the multivariate effect of factor1. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Exact statistic

GRAD VRU

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจีรพรรณ ชวาลสันตติ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 ธันวาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	72/1 ซอยโกษาปาน ถ.นารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2541	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
พ.ศ. 2552	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2541-2554	ครูผู้สอน วิททยาศาสตร์ โรงเรียนวินิตศึกษา จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2554-2562	ครู ครูชำนาญการ วิชาฟิสิกส์ โรงเรียนสุธีวิทยา จังหวัดสระบุรี
พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน	ครู ครูชำนาญการ วิชาฟิสิกส์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

ที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

GRAD VRU