



การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

DEVELOPMENT CREATIVE INNOVATE ABILITY ON 7E LEARNING CYCLE WITH STEM
EDUCATION OF GRADE 8 STUDENTS

จารุกิตติ์ ชินนระราช

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT CREATIVE INNOVATE ABILITY ON 7E LEARNING CYCLE WITH STEM
EDUCATION OF GRADE 8 STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Measurement, Evaluation, and Research)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับ
แนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ

จารุกิตติ์ ชินนระราช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา) (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เขียวชนะ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข) (รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สுவทันพรกุล)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ผู้วิจัย	จารุกิตติ์ ชินนระราช
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ลังกา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณา เจริญสุข

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียนและหลังเรียน แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ ตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรส จำนวน 30 คน ทำการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม และสถิติใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA) และการทดสอบที (t-test for Dependent Sample) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่า ระหว่างเรียน และ ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่า ระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น, สะเต็มศึกษา, ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

Title	DEVELOPMENT CREATIVE INNOVATE ABILITY ON 7E LEARNING CYCLE WITH STEM EDUCATION OF GRADE 8 STUDENTS
Author	CHARUKRIT SHINNARAJ
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assistant Professor Wilailak Langka , Ph.D.
Co Advisor	Assistant Professor Ornuma Charoensuk , Ph.D.

The purposes of this research are as follows: (1) to compare the innovative thinking ability of Grade Eight students in the 7E learning cycle with STEM education and using the pre-test, formative, and summative tests for measurement.(2) to compare the create innovation ability of Grade Eight students before and after starting the 7E learning cycle with STEM education. The research design was a one-group repeated measured design. The sample consisted of thirty eighth-grade students at Wat Raja-O-Ros School. The sample in this study was selected by cluster sampling method. The instruments used in research included the 7E Learning Cycle with STEM education lesson plan, an Innovative Thinking Ability Test, and the create innovation ability evaluation forms. The hypotheses were tested using a One-Way ANOVA repeated measures, and a dependent sample t-test. The results of this study were as follows: (1) students in the 7E learning cycle with STEM education increased their innovative thinking ability. The summative test and innovative thinking ability scores were higher than pre-test and formative test with a statistical significance level of .05; and (2) students increased their creative innovation ability. The summative test of the innovation evaluation score was higher than formative test, with a statistical significance level of .05.

Keyword : 7E learning cycle, STEM education, Creativity Innovation ability

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะ ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เขียรชนะ ที่ให้เกียรติเป็นประธานสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธาการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนา และคุณครูอดุลย์ สุทธิแสน และคุณครูปทุมรัตน์ อาวุโสสกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ ตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือ ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร คณะครูและบุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนวัดราชโอรส ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการวัด ประเมินและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา

ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดราชโอรสที่ให้ความร่วมมือและตั้งใจในการเป็นนักเรียนกลุ่มนำร่องในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของการวิจัยและเป็นนักเรียนตัวอย่างวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการทำปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ รวมทั้งคอยให้กำลังใจเสมอมา รวมทั้งบังทันโชยอนตันที่คอยมอบบทเพลงอันไพเราะให้มีกำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์และคนอื่น ๆ ที่คอยเป็นแรงใจในการทำปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

จารุกิตติ์ ชินนระราช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตการวิจัย	6
ตัวแปรที่ศึกษา.....	6
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
สมมติฐานการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม	13
1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม.....	13
1.2 ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม	14
1.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม.....	15

1.4 ความหมายของการสร้างนวัตกรรม	17
1.5 ความสำคัญของนวัตกรรม	18
1.6 ประเภทของนวัตกรรม	19
1.7 ความคิดสร้างสรรค์กับการสร้างนวัตกรรม.....	21
1.8 ลักษณะของการสร้างผลงานนวัตกรรม	22
1.9 แนวทางการพัฒนานวัตกรรม	23
1.10 องค์ประกอบการประเมินผลงานนวัตกรรม.....	24
1.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม	26
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	29
2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	29
2.2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	30
2.3 แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น.....	32
2.4 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	34
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	36
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	38
3.1 ความหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษา	38
3.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา	39
3.3 แนวคิดสะเต็มศึกษากับการสร้างนวัตกรรม	41
3.4 ระดับของการนำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้	41
3.5 แนวคิดในการนำสะเต็มศึกษาไปบูรณาการ.....	44
3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
1. การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง	51

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	51
ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	51
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	53
2. การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม.....	53
2.2 แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม.....	61
2.3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	65
3. การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
3.1 แบบแผนการวิจัย.....	68
3.2 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	69
4. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	83
สรุปผลการวิจัย.....	84
อภิปรายผล.....	85
ข้อเสนอแนะ.....	88
บรรณานุกรม.....	90
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก.....	97
ภาคผนวก ข.....	99
ภาคผนวก ค.....	125

ภาคผนวก ง	141
ภาคผนวก จ	145
ประวัติผู้เขียน.....	150



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น.....	34
ตาราง 2 การสังเคราะห์แนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	44
ตาราง 3 ค่าขนาดอิทธิพลและขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษางานวิจัย	52
ตาราง 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม.....	56
ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	61
ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมิน แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ..	64
ตาราง 7 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา.....	68
ตาราง 8 แบบแผนการทดลองแบบวิจัยกลุ่มเดียวที่มีการวัดซ้ำ	68
ตาราง 9 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม และคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม.....	73
ตาราง 10 ผลการตรวจสอบเงื่อนไข Sphericity ความสัมพันธ์ในการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม	74
ตาราง 11 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมในการวัดซ้ำ 3 ครั้ง.....	75
ตาราง 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน	75
ตาราง 13 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียน และหลังเรียน (n=30).....	80
ตาราง 14 เกณฑ์การประเมินความสามารถสร้างผลงานนวัตกรรม	105

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 1	126
ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของ	127
ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 3	128
ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	129
ตาราง 19 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	131
ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยรวมรายด้านการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	132
ตาราง 21 ค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนที่ได้จากผู้ประเมินทุกคน	133
ตาราง 22 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้	135
ตาราง 23 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม	142
ตาราง 24 คะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม.....	143

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	10
ภาพประกอบ 2 พัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม	76
ภาพประกอบ 3 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านความเป็นนวัตกรรม	77
ภาพประกอบ 4 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม	78
ภาพประกอบ 5 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านคุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม	79
ภาพประกอบ 6 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	81
ภาพประกอบ 7 แนวโน้มพัฒนาการความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม	82
ภาพประกอบ 8 กิจกรรมการเรียนรู้.....	146
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างผลงานนักเรียน	148

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีความมุ่งหมายเพื่อที่จะพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เป็นบุคคลที่มีความสมดุลทั้งด้านความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นคนที่มีความรู้ โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เชื่อว่า บุคคลสามารถพัฒนาตนเองและเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพตามสมัยในยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะด้านเทคโนโลยีสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้ กระทรวงศึกษาธิการ (2560, น. 1-3) และในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีการเรียนรู้ที่จะปรับตัวในโลกาภิวัตน์ที่เทคโนโลยีที่จะทำให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นผลลัพธ์ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนในปัจจุบันจำเป็นต้องมีทักษะในการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัล ที่มีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการดำเนินชีวิต เช่น ทักษะการคิดค้น นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนนั้นลงมือปฏิบัติ คิดค้นหาสิ่งใหม่ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วได้เป็นกระบวนการ หรือนวัตกรรมใหม่ที่จะมาแทนที่กระบวนการทำงานในอดีตที่ต้องใช้เวลาและเงินลงทุนจำนวนมาก แต่สามารถทำงานทดแทนได้ด้วยนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่เข้ามาช่วยลดภาระ ซึ่งทักษะเหล่านี้คนในสังคมที่ต้องการพัฒนาความคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ เพื่อให้ทันต่อสังคมที่กำลังพัฒนาอยู่ตลอดเวลา (สำนักงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2558, น. 2-3)

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม เป็นองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นทักษะที่มีความสำคัญอย่างมากต่อผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นต้องรู้เรื่องเกี่ยวกับองค์ความรู้นี้ เป็นทักษะที่เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์พัฒนา ให้เกิดกระบวนการ หรือแนวทาง วิธีการ ผล ใหม่ เป็น กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนที่แสดงออกถึงการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลการทำซ้ำ ที่เกิดจากการค้นหาวิธีการหรือแนวทางใหม่ เพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตหรือจัดทำสิ่งใหม่ ๆ ที่เกิดประโยชน์ต่อสังคมที่เกิดจากการคิดค้นอย่างสร้างสรรค์ จนได้เป็นชิ้นงานใหม่ที่ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเพื่อพัฒนา ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดอย่างสร้างสรรค์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมไปสู่การพัฒนาสังคมโลก ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์หากผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจะเป็นผู้เรียนที่มีความรู้ความสามารถที่สามารถอยู่ในสังคมยุคดิจิทัลได้ และจะเป็นกำลังหลักที่จะพัฒนาสังคมได้ในอนาคต

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการสอนเนื้อหาหนักเกินไป ไม่ค่อยได้ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนการทดลองซึ่งเห็นได้จากผลการทดสอบจากสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2560, น. 10)พบว่า ผลการทดสอบการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐานหรือโอเน็ต(O-NET) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้นผลการทดสอบจากคะแนนเฉลี่ย นั้นมีคะแนนค่อนข้างต่ำ และผลการทดสอบระดับนานาชาติ PISA ในด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการแก้ไขปัญหา การคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คะแนนค่อนข้างต่ำนั้นเป็นผลจากการจัดการศึกษาของครูผู้สอนที่เน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ได้ส่งเสริมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมี ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546,น. 159) ซึ่งหากผู้เรียนสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผ่านการลงมือปฏิบัติ กระบวนการทดลอง มากกว่าการท่องจำเนื้อหาอาจจะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้ เช่น ทักษะการแก้ไขปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดเชิงวิศวกรรม รวมทั้งความสามารถในการสร้างนวัตกรรมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพกรณ์ เพียงดวงใจ (2558,น. 171-173) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติในการเรียนรู้ และหากนักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูง ก็จะมีผลทำให้ระดับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมสูงขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เป็นบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์มีการสร้างนวัตกรรมเป็นผู้เรียนที่รู้จักคิดค้นหาสิ่งใหม่ ๆ รวมทั้งสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้ว แต่ยังประสบปัญหาการพัฒนาในด้านนี้ครูผู้สอนจะต้องมีวิธีการจัดการเรียนรู้ ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความแตกต่างระหว่างบุคคลที่นักเรียนมีความรู้ความสามารถแตกต่างกันโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้นั้นสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้แก่ผู้เรียนซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้นั้นมีหลากหลายรูปแบบ ครูผู้สอนสามารถนำมาใช้กับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชั่วโมงและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ประสาท เนืองเฉลิม (2550,น.25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2559,น.3) และ Eisenkraft (2003, 57-59) ได้นำแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับการสร้างองค์ความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์การจัดการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น เป็นวิธีหนึ่งที่เน้นการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ ให้แก่นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ตลอดจนการ มีปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นเน้นให้ผู้เรียนลงมือค้นหาและสร้างประสบการณ์ความรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7

ชั้น เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการจัดการเรียนเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เป็นรายวิชาที่ค่อนข้างเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองจากการค้นหาคำตอบผ่านการตั้งปัญหาที่สงสัยแล้วทำการตรวจสอบคำตอบวิธีการที่หลากหลายเพื่อได้มาซึ่งคำตอบแล้วได้คำตอบซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาด้วยตนเอง

ทั้งนี้ กมลฉัตร กล่อมอิม (2559, น.334) พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556, น.53) และ มนตรี จุฬาววัฒนทล (2556, น.14) ได้อธิบายแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education (สะเต็มศึกษา) เป็นการบูรณาการพหุสาขาเข้าด้วยกันได้ แก่ science (วิทยาศาสตร์) Technology (เทคโนโลยี) Engineer (วิศวกรรมศาสตร์) และ Math (คณิตศาสตร์) มีลักษณะเป็นการเรียนรู้เชิงบูรณาการทั้ง 4 สาระการเรียนรู้กับชีวิตประจำวันและเน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 สาระการเรียนรู้ และครูจะต้องมีเทคนิควิธีการสอนการจัดการเรียนการสอนที่ดี สร้างความสนใจให้แก่ นักเรียน และกระตุ้นการเรียนรู้อยู่ตลอดเวลาซึ่งการเรียนที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย สามารถตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนที่มีความต้องการ และพฤติกรรมในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และผู้เรียนที่มีความสนใจในการเรียนรู้แตกต่างกัน และพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และพัฒนาทักษะการออกแบบ และความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยให้ผู้เรียนได้ชิ้นงาน โดยผ่านการคิดแบบบูรณาการจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่จะสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม การคิดนวัตกรรม และการสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมใหม่ โดยใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน จนเกิดเป็นผลงานนวัตกรรมใหม่

ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้นั้นก็ต่อเมื่อนักเรียนได้รับการพัฒนากระบวนการคิดที่เป็นระบบ และผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติจริง ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่ากระบวนการจัดการเรียนเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น นั้นสามารถพัฒนาบุคคลให้มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น โดยในการนี้เป็นการนำเอาแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้ามาบูรณาการในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนโดยใช้หลักคิดเชิงวิศวกรรมที่จะช่วยแก้ไข้ปัญหา รวมทั้งเป็นกระบวนการที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม และทักษะในการออกผลงานนวัตกรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาพกรณ์ เพียงดวงใจ (2558, น.183-184) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ใช้โครงงานเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพื่อเสริมสร้างการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปของโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นการนำเอากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเข้ามาพัฒนาทักษะการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน และพิเชษฐ ศรีงามสังข์ (2561, น.145) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนผู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนที่ได้รับการทดลองเกิดทักษะในการออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งได้ผลงานนวัตกรรม รวมทั้งยังนักเรียนเป็นผู้ที่มีทักษะการคิด

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทดลองแบบอนุกรมเวลา (Time serie design) กับการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม พบว่าเมื่อทำการวัดซ้ำเพื่อศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ และดูพัฒนาการของนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจะสามารถอธิบายแนวโน้มของพัฒนาการของนักเรียนได้ จากการวัดซ้ำ ได้ดีกว่าวัดก่อนและหลังเรียน (เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง, 2560, น.114) ได้อธิบายไว้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาทักษะในการสร้างสรรค์ และส่งให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ไขปัญหา ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จากการทำซ้ำ จนพัฒนาปรับปรุงจนเกิดองค์ความรู้ใหม่ขึ้น

จากความสำคัญข้างต้นของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมผู้วิจัยจะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้สามารถสร้างเสริมความสามารถของผู้เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติจริงผ่านกระบวนการแก้ไขปัญหาอีกทั้งยังการนำแนวคิดของสะเต็มศึกษาเข้ามาบูรณาการ ซึ่งเป็นแนวคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ทำการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดออกแบบและการแก้ไขปัญหาที่จะเป็นการส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ใน 2 ด้าน ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เพื่อในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

โดยทำการทดลองแบบอนุกรมเวลา ที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ทั้งในด้านความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม และหวังว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในนำผลศึกษากิจการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการในการสร้างนวัตกรรม ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างเรียน และหลังเรียน

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งพัฒนานักเรียนใน 2 ด้าน คือ ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เพื่อเป็นแนวทางในพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน รวมทั้งการจัดการเรียนรู้ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการต่อยอดในการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความสามารถ ให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ที่ควรได้รับการพัฒนา ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม จะเป็นบุคคลที่มีความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหา และมีความสามารถสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมใหม่ๆ ที่จะช่วยพัฒนาสังคมให้เกิดประโยชน์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผลจากการศึกษาจะได้นำไปใช้เป็นข้อมูลและเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และสาระวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง นำไปใช้ในการจัดหาวิธีการที่จะพัฒนาส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาได้

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังเรียนใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดราชโอรส แขวงบางค้อ เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร จำนวน 14 ห้องเรียน รวม 544 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรส ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยผู้วิจัยทำการสุ่มแบบกลุ่ม โดยทำการสุ่มกลุ่มกลุ่มผู้เรียน จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยการใช้โปรแกรม G*Power และกำหนดค่าขนาดอิทธิพลอ้างอิงจากงานวิจัยของ พิเชฐ ศรีสังข์งาม (2558,น.140) ที่ระดับขนาดอิทธิพล 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และระบุอำนาจการทดสอบที่ .95 ซึ่งได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 28 คน ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มจำนวนตัวอย่างอีก 10% เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลและความต่อเนื่องของการทดลอง รวมทั้งหมด 30 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวจัดกระทำ

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม และความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 ของกระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง โดยมีเนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) การเคลื่อนที่
- 2) แรงลัพธ์

- 3) แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
- 4) แรงพยุ่ง
- 5) แรงเสียดทาน
- 6) ความดันของเหลว

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการนำแนวคิดสะเต็มที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้ามาสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองมี เป็นกระบวนการเรียนรู้เน้นการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ที่ให้ลงมือปฏิบัติ ที่เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรม ซึ่งมีวิธีการดำเนินการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)** ขั้นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้และประสบการณ์เดิม หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องซึ่งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ผู้เรียนมี
2. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)** ขั้นการนำเข้าสู่สาระการเรียนรู้โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม ให้ผู้เรียนคิดว่าสามารถนำความรู้สะเต็มนั้นไปแก้ไขปัญหาได้อย่างไร เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบในขั้นต่อไป
3. **ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase)** นักเรียนวางแผนลงมือปฏิบัติและการสร้างชิ้นงานโดยเน้นการบูรณาการค้นคว้าโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการลงมือปฏิบัติ ใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการสืบค้น ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการนำการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยการนำเอาแนวคิดการออกแบบและการสร้างชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์โดยการใช้องค์ความรู้ ในด้านการคำนวณ การวัด การชั่ง การตวง การประมาณค่าซึ่งในการสร้างชิ้นงานและลงมือปฏิบัตินั้นต้องใช้องค์ความรู้ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและผลงานนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา
4. **ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)** นำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์ ว่าในการออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมที่ได้มาทำการสรุปผลการศึกษาค้นคว้า ว่าในผลงานนั้นได้นำองค์ความรู้ในด้านสะเต็มศึกษาในชิ้นงาน ได้อย่างไรบ้าง
5. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)** อธิบายสรุปผลของการศึกษาค้นคว้าประเด็นที่สงสัย ให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยงโดยการนำความรู้ สะเต็มศึกษาที่ได้นั้นมาเชื่อมโยงกับความรู้

เดิมหรืออาจจะเชื่อมโยงไปยังความรู้อื่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและนำความรู้ไปต่อยอดในการสร้างสรรค์ผลงานต่อไป

6. **ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)** ทำการตรวจสอบผลงานนวัตกรรมที่ใช้แนวคิด สะเต็มศึกษา และตรวจสอบความรู้ว่านักเรียนการคิดเชื่อมโยงโดยการนำความรู้สะเต็มศึกษา

7. **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)** นักเรียนสามารถนำความรู้ด้านการสร้างชิ้นงาน โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ หรือนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยครุมีหน้าที่ กระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับสาระการเรียนรู้อื่นอย่างเหมาะสม

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม หมายถึง กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน ที่แสดงออกถึงการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลการทำซ้ำ ที่เกิดจากการค้นหาวิธีการหรือแนวทางใหม่ เพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตหรือจัดทำสิ่งใหม่ ๆ ที่เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมที่เกิดจากการคิดค้นอย่างสร้างสรรค์ จนได้เป็นชิ้นงานใหม่ที่ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน 1. ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม 2. ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม หมายถึง ความรู้ ความสามารถด้าน กระบวนการคิด ที่เกิดการคิดแก้ไขปัญหาจากการใช้ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิด สะเต็มศึกษา ผ่านการใช้องค์ความรู้ สะเต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์

ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของ นักเรียนในการสร้างผลงาน ผ่านกระบวนการพัฒนาจากการออกแบบที่เกิดจากการใช้ ความสามารถในการประดิษฐ์ คิดค้น ผลงานใหม่ขึ้นมา ที่ทันสมัย และมีประโยชน์ ที่ได้จากการ จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิด สะเต็มศึกษา ผ่านการใช้องค์ความรู้สะ เต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

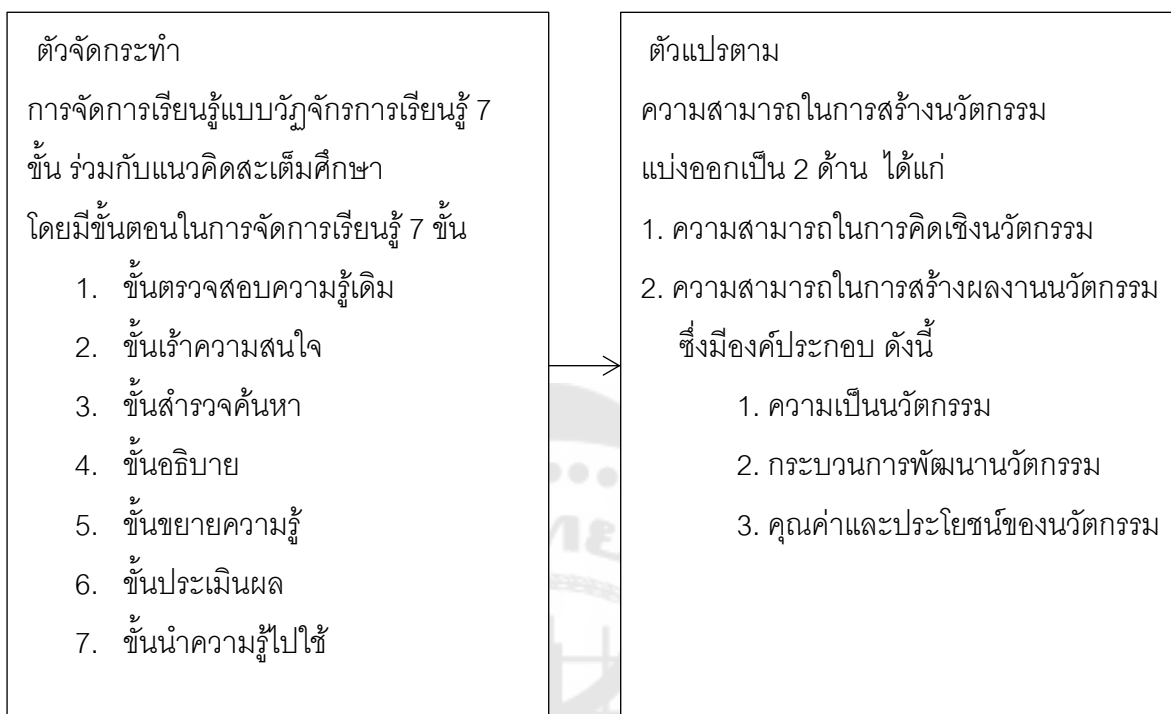
จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาประสาท เนืองเฉลิม (2550,น.25) สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550,น.25)และ ทิศนา แคมมณี (2552,น.353-355) ได้อธิบายถึง การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนผู้เรียนเป็น ศูนย์กลางซึ่งเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ของ Eisenkraft ที่มุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง

ของผู้เรียนผ่านการสืบเสาะหาความรู้การค้นคว้ามาเพื่ออธิบายปัญหาที่สงสัยจนได้แนวทางที่ถูกต้องเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ขึ้น และ Michael West (2012,pp.1-2) Melissa A. Schilling (2016,pp.1-3)และกมลฉัตร กล่อมอิม (2559,น.336) อธิบายแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบบูรณาการและสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย การบูรณาการพหุสาระการเรียนรู้เข้ามาเพื่อเพิ่มการเชื่อมโยงความรู้และเพิ่มทักษะในการคิดขั้นสูงเพื่อให้เกิดเป็นผลงานนวัตกรรมใหม่ได้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาพรณี เพียงดวงใจ (2558,น.183-184) พิเชษฐ ศรีงามสังข์ (2561,น.245) รวมทั้ง -เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560,น.114) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และแนวคิดใช้โครงงานเป็นฐาน ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน หรือแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นการเสริมสร้างการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบของโครงงานวิทยาศาสตร์ หรือพัฒนาผลงานนวัตกรรม ผลการพัฒนาพบว่าจากการจัดการเรียนรู้วิธีดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม รวมทั้งยังพัฒนากระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ด้วยการสืบเสาะแบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกันกับสะเต็มศึกษา และเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนที่ได้รับการทดลองรูปแบบ เกิดทักษะในการออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งได้ผลงานนวัตกรรม รวมทั้งยังนักเรียนเป็นผู้ที่มีทักษะในการแก้ไขปัญหา ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เกิดเป็นองค์ความรู้ขึ้น

และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่าหากจะต้องการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้น จะต้องเกิดการพัฒนาทั้ง 2 ด้าน 1. ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม 2. ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์แนวคิดที่จะสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดกระบวนการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้นั้น จะต้องมีการพัฒนาที่จะช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด ผ่านการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดผลงานนวัตกรรม โดยความสามารถในการสร้างนวัตกรรม 3 องค์ประกอบ 1. ความเป็นนวัตกรรม 2. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม 3. คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม ตามกรอบการประเมินของเนาวนิตย์ สงคราม (2556.น.135)

โดยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมผ่านการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมจากการวัดซ้ำก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนแตกต่างกัน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมสูงกว่าระหว่างเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ทำการศึกษาตามหัวข้อดังนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม
 - 1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม
 - 1.2 ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม
 - 1.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม
 - 1.4 ความหมายของการสร้างนวัตกรรม
 - 1.5 ความสำคัญของนวัตกรรม
 - 1.6 ประเภทของนวัตกรรม
 - 1.7 ความคิดสร้างสรรค์กับการสร้างนวัตกรรม
 - 1.8 ลักษณะของการสร้างผลงานนวัตกรรม
 - 1.9 แนวทางการพัฒนาผลงานนวัตกรรม
 - 1.10 องค์ประกอบการประเมินผลงานนวัตกรรม
 - 1.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
 - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
 - 2.2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
 - 2.3 แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
 - 2.4 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
 - 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 3.1 ความหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 3.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา
 - 3.3 แนวคิดสะเต็มศึกษากับการสร้างนวัตกรรม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (ต่อ)

3.4 ระดับของการนำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

3.5 แนวคิดในการนำสะเต็มศึกษาไปบูรณาการ

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา



1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

เนาวนิตย์ สงคราม (2556,น.13)ได้อธิบายถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไว้ว่าคือทักษะของบุคคลที่แสดงออกถึงการคิดค้น สร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆให้เกิดประโยชน์ขึ้นผ่านกระบวนการพัฒนาจนได้เป็นผลงานใหม่ขึ้น ซึ่งพิจารณาจากการประเมินผลงานนวัตกรรมนั้นมีความเป็นนวัตกรรมทั้งหมด 3 ด้าน 1)มาตรฐานด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม 2)มาตรฐานด้านคุณค่า 3)ความเป็นนวัตกรรมจากการศึกษา

อนันต์ แก้วร่วมวงศ์ (2559,น.11) ได้ให้ความหมายความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไว้ว่าคือการทำให้เกิดขึ้นของสิ่งใหม่ ๆ สินค้าและบริการใหม่ที่มีประโยชน์ หรือการเกิดขึ้นของกระบวนการใหม่ ๆ จากการคิดใหม่ทำใหม่ ตัวอย่าง เช่น การคิดค้นไฟฟ้าและน้ำมันในอดีตเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันที่มี การคิดค้นพลังงานทางเลือก หรือ หากเป็นเรื่องใกล้ตัวขึ้นมาสักหน่อยก็ได้แก่ การเกิดขึ้นของบริการมอเตอร์ไซค์รับจ้างและรถตู้โดยสาร ได้มาจนถึงการปลูกพืชแบบปลอดสารเคมีหรือการเกิดขึ้นของทีวีจอแบน โทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน หรือหลอดประหยัดไฟ

Adams (2006,p.25) ได้อธิบายถึงการสร้างนวัตกรรมไว้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาโดยอาศัยการออกความคิดเห็นหรือรูปแบบเชิงสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาโดยพ่วงแปดต้องคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ยอดเยี่ยมโดยอาศัยกระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูลและพิจารณาผ่านกลวิธีต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วนโดยอาศัยการวิเคราะห์เข้ามาช่วยในการจัดการปัญหาและออกแบบผลิตใหม่

กรมการพัฒนารัฐวิสาหกิจ (2555,น.2) ได้ให้ความหมายในการสร้างนวัตกรรมในการพัฒนานวัตกรรมไว้ว่าการทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยวิธีใหม่ ๆ การสร้างสรรค์ การพัฒนา ต่อยอดการเปลี่ยนแปลงทางความคิด การจัดการ การผลิต กระบวนการ ระบบ โครงสร้างองค์กร รูปแบบธุรกิจ เพื่อที่จะสร้างมูลค่าใหม่ ๆ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมคือ กระบวนการคิดค้น ผลงาน ชิ้นงาน หรือแนวคิด ในการพัฒนาสิ่งใหม่หรือของเดิมที่มีอยู่ให้เกิดความแปลกใหม่ ให้มีคุณค่าประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นการเพิ่มมูลค่า ประหยัดเวลาและงบประมาณที่เกิดจากกระบวนการพัฒนาจากการแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้จัดการทำขึ้น โดยผู้วิจัยเห็นว่ากระบวนการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม จะทำการศึกษา ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
2. ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

1.2 ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม

Weiss (2011,p.63) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่า กระบวนการในการแก้ไขปัญหาด้วยการ ค้นหา รวบรวม เรียบเรียงให้เป็นความเข้าใจ แนวความคิด และวิธีการใหม่ ๆ

Robert Nelson (2012,pp.1-2) กล่าวว่า การคิดเชิงนวัตกรรมคือกระบวนการคิดที่ล้ำหน้ากว่าสิ่งที่ปรากฏในปัจจุบัน คือความสามารถในการที่จะมองเห็นไปมากกว่าสิ่งที่ปรากฏ คนที่มีความคิดนวัตกรรม จะมองเห็นสิ่งไม่ธรรมดา ในสิ่งธรรมดาได้ นวัตกรรมคือสิ่งที่เกี่ยวกับการสรรค์สร้าง มันเกี่ยวกับการนำเอาสิ่งใหม่ๆที่ไม่เคยมีใครนำเสนอมาก่อน คนที่มีการคิดเชิงนวัตกรรมจะมีทักษะในการมองและตัดสินใจต่างไปจากคนทั่วไป การเชิงนวัตกรรมอาจจะถือว่าเป็นพรสวรรค์ เป็นเรื่องที่ใช้ว่าทุกคนจะมีทักษะนี้ได้ ในขณะที่ใครๆหลายคนอาจจะต้องฝึกฝนการคิดนอกกรอบ บางคนได้มีทักษะนี้มาตั้งแต่กำเนิด การคิดเชิงนวัตกรรมสามารถช่วยแม้แต่ในเรื่องของการดำเนินชีวิต เช่นการแต่งตัว การคิดแนวคิดทางธุรกิจใหม่ ๆ

ปรีดา ยังสุขสถาพร (2558,น.64) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่าเป็น กระบวนการผสมผสานระหว่างความเชี่ยวชาญด้านทักษะ ความรู้ความสามารถ ความร่วมมือของบุคคลภายในองค์กร จนเกิดเป็นแนวคิด ทฤษฎี องค์ความรู้หรือหรือผลิตผลใหม่ขึ้นมา

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ (2553,น.54) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่าเป็นกระบวนการคิดค้นสิ่งใหม่ๆที่เกิดขึ้นจากการใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ที่ทำให้เกิดประโยชน์แก่สังคมและเศรษฐกิจ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม สรุปได้ว่า คือ กระบวนการที่เกิดจากการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลการทำซ้ำที่เกิดจากการค้นหาวิธีการหรือแนวทางใหม่ เพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตหรือจัดทำสิ่งใหม่ที่เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมที่เกิดจากการคิดค้นอย่างสร้างสรรค์ อย่างเป็นรูปธรรมจนได้เป็นชิ้นงานหรือแนวคิดใหม่ที่ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

1.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม

David Horth and Dan Buchner (2014,pp.8-10) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรมประกอบด้วย 6 องค์ประกอบดังนี้

1. การใส่ใจหรือการเอาใจใส่คือความสามารถในการรับรู้รายละเอียดอย่างถี่ถ้วน การเกาะติดสถานการณ์ต่างๆจนสังเกตเห็นความเป็นไปที่ผิดสังเกตสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆได้อย่างลึกซึ้งด้วยสายตาที่เฉียบคมการพิจารณาในมุมมองที่ต่างกันและใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งซึ่งทำให้เห็นมุมมองใหม่ได้ชัดเจนขึ้น

2. การเห็นคุณค่า คือ การให้ความสำคัญกับคุณค่าและทำความเข้าใจการเข้าถึงความรู้และประสบการณ์ของบุคคลกรทำให้เกิดมุมมองใหม่แล้วนำประสบการณ์ในการทำงานและความเข้าใจลูกค้าหรือผู้รับบริการอย่างลึกซึ้งที่จะเข้าถึงลูกค้าหรือผู้รับบริการโดยทำความเข้าใจว่าลูกค้าหรือผู้รับบริการคือใครมีความเป็นอยู่อย่างไรอะไรคือสิ่งสำคัญสำหรับในองค์กรทางการศึกษาคือผู้เรียนผู้ปกครองชุมชน

3. การถ่ายทอดจินตนาการคือความสามารถในการคิดให้เป็นรูปธรรมหรือคิดเป็นภาพโดยการแสดงข้อมูลด้วยภาพเรื่องราวความประทับใจและทำอุปมาอุปไมยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นการคิดในลักษณะนี้เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการอธิบายถึงสถานการณ์รวบรวมความคิดและการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพใช้จินตนาการในการตอบคำถาม "จะเป็นอย่างไรถ้า...." จะนำไปสู่ภาพที่ไม่ธรรมดาและความเป็นไปได้

4. การเล่นอย่างจริงจังในการพัฒนานวัตกรรมต้องการแนวคิดที่อยากกดบังบางข้อการดำเนินการที่แตกต่างและสร้างความสนุกสนานผ่านหนทางที่ไม่เป็นไปตามแบบแผนทั้งการสำรวจอย่างอิสระการผสมผสานการทดลองและทำงานให้เหมือนเล่นแต่ผลที่ได้เป็นประโยชน์ที่แท้จริง

5. การร่วมมือในการสืบค้นนวัตกรรมส่วนมากสร้างโดยอัจฉริยะผู้โดดเดี่ยวความเข้าใจได้มาจากการแบ่งปันความคิดโดยไม่มีอคติร่วมมือด้านการสืบค้น คือ กระบวนการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

6. การปรับปรุงความสามารถในการรับมือกับความคิดที่ขัดแย้งในใจขณะที่ต้องปฏิบัติการทำให้เกิดนวัตกรรมการคิดในการพิจารณาภาพรวมรวมถึงความคิดเห็นที่แย้งเพื่อที่จะเปิดโอกาสให้ทางอื่นกลับทางเลือกอื่นสำหรับความแตกต่างระหว่างการคิดวิเคราะห์แบบดั้งเดิมและการคิดปั้นแต่งคือการวิเคราะห์เป็นการคิดโดยแยกปัญหาเป็นส่วนส่วนทั้งข้อเท็จจริงและสมมติฐานแต่การคิดสั้นแต่เป็นการสังเคราะห์การบูรณาการการพิจารณาความเป็นไปได้

Weiss (2011,p.67) ได้อธิบายถึง องค์ประกอบของการคิดนวัตกรรมประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์และปัญหา คือ การกำหนดวัตถุประสงค์ปัญหาของการสร้างนวัตกรรม เป็นขั้นตอนที่ต้องระบุว่าปัญหาที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนานั้นคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร

2. การลงมือปฏิบัติคือขั้นตอนในการแนวทางเลือก กำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหา ซึ่งไม่ควรที่จะกำหนดแนวทางแก้ปัญหาไว้เพียงแนวทางเดียว ทดลองและนำทางเลือกไว้มาพัฒนาหรือสร้างเป็นนวัตกรรมที่ถูกต้องตามมาตรฐานที่ควรจะเป็น

3. การพัฒนาและการทำซ้ำ เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบนวัตกรรมที่ผู้สร้างนวัตกรรมขึ้นนำนวัตกรรมนั้นมาปรับปรุง เพื่อให้ได้นวัตกรรมที่ใช้งานได้จริง

4. การประเมินผล และนำไปใช้ ในขั้นนี้เป็นขั้นที่นำผลที่ได้จากขั้นการทดลองมาประเมินโดยหลังจากการทำซ้ำแล้วเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงนวัตกรรมให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด แล้วนำไปใช้จริงหรือเผยแพร่แก่ผู้อื่น

Christian Bason (2010,p.12) ได้อธิบายองค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่า แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน

1. การสร้างให้เกิดความเข้าใจในบริบทภาพรวม เพื่อเริ่มต้นรับรู้ เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิด ความไม่พึงพอใจ ความต้องการ รวมทั้งประสบการณ์ในการรับบริการของประชาชนผู้ให้บริการ

2. การเข้าถึงสภาพของปัญหาความต้องการที่แท้จริงของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยอาจจัดให้ภายนอกได้มีโอกาสเข้ามาสังเกตการณ์ ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้เห็นปัญหาระหว่างฝ่ายผู้ให้บริการ ผู้กำกับควบคุมดูแล กับฝ่ายผู้รับบริการ เพื่อมองหาโอกาสในการปรับปรุง

3. การทำการทดลองด้วยความคิดที่หลากหลาย อันเป็นการระดมสมอง เพื่อสำรวจค้นหา จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ การทดสอบในการนำไปปฏิบัติจริง

4. การวางกลยุทธ์แบบขยายผล อันเป็นการนำผลการทดลองไปสู่การปฏิบัติในวงกว้างต่อไป

เนาวนิตย์ สงคราม (2556.น.135) ได้สรุปองค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. ความเป็นนวัตกรรม คือ ผลงานนวัตกรรมที่ความแปลกใหม่ ทันสมัย และมีความสามารถในการใช้งาน

2. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม คือ ขั้นตอนในออกแบบและกระบวนการสร้างนวัตกรรม ผ่านกระบวนการพัฒนาทำซ้ำจนได้ผลงานนวัตกรรมที่สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์

3. คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม คือ นวัตกรรมต้องนำไปใช้ได้จริงเกิดประโยชน์ และให้คุณค่า

มนตรี วงษ์สะพาน (2554, น.94-95) ได้อธิบายถึง องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

1) ชิ้นงานหรือผลงานต้องเกิดจากการคิดค้นขึ้นมาใหม่ เป็นเทคนิควิธีการ หรืออุปกรณ์ จะต้องมีการบริหารจัดการทำเป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2) มีการอธิบายถึงกระบวนการปฏิบัติหรือการใช้งาน การนำไปใช้ประโยชน์

3) ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากตัวผลงาน ว่าก่อให้เกิดประโยชน์อย่างไร

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรมนั้นสามารถสรุปให้เข้าใจง่ายขึ้นโดยแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ความเป็นนวัตกรรมต้องสามารถคิดค้นผลงานให้มีความแตกต่าง ทันสมัยและเป็นประโยชน์ 2) กระบวนการพัฒนา ต้องมีการกำหนดขั้นตอนในออกแบบและกระบวนการสร้างนวัตกรรม ผ่านกระบวนการปรับปรุงแก้ไข เป็นผลงานที่เกิดประโยชน์ และ 3) ประโยชน์ที่เกิดจากผลงาน ผลงานที่เกิดขึ้นต้องมีคุณค่า หากผู้วิจัยสามารถพัฒนาผู้เรียนได้ทั้งหมด ผู้เรียนก็จะเป็นผู้ที่มีการคิดเชิงนวัตกรรมได้

1.4 ความหมายของการสร้างนวัตกรรม

เทพรัตน์ พิมลเสถียร (2560, น.15) กล่าวว่า นวัตกรรม คือ ผลิตภัณฑ์ สินค้า กระบวนการ หรือบริการ ที่เป็นสิ่งที่ไม่เคยมีมาก่อน สร้างขึ้นมาใหม่ หรือสิ่งที่มีอยู่แล้วนำมาพัฒนาปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น นวัตกรรมต้องถูกนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางใดทางหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการตลาด พาณิชยกรรม หรือสังคม

นพดล เหลืองภิรมย์ (2557, น.12) กล่าวว่า นวัตกรรม นั้นต้องมีลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือคุณสมบัติใหม่ของผลิตภัณฑ์เดิมได้ กระบวนการผลิตใหม่ การเปิดตลาดใหม่ การเปลี่ยนแปลงองค์กรใหม่ และการพัฒนาแหล่งวัตถุดิบ หรือปัจจัยนำเข้าใหม่

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2558, น.1) ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรม สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้และมีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของนวัตกรรม นวัตกรรม คือ กระบวนการคิดค้น แนวคิด หรือผลิตภัณฑ์ บริการ ระบบที่ทำให้เกิดแนวคิดหรือวิธีการใหม่ขึ้น เพื่อให้เกิดความสะดวกรบาย ประหยัดกำลังคน กระบวนการในการผลิตเป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่ทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีประโยชน์ มีคุณค่า และมีประสิทธิภาพ

1.5 ความสำคัญของนวัตกรรม

ไชย ณ พล อัครศุภเศรษฐ์ (2551,น.26)ได้กล่าวไว้ว่าความสำคัญของนวัตกรรม ถือว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาองค์กร ทั้งในรูปแบบสินค้า บริการ กระบวนการ ระบบการสื่อสาร รวมทั้งธุรกิจ การสร้างสรรค์นวัตกรรมเป็นสิ่งที่มีคุณค่า ต่อสังคมและองค์กร ที่มีส่วนช่วยในการทำให้โลกพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลากหลาย เป็นการทำให้กระบวนการในการผลิตนั้นประหยัดต้นทุน เวลา และได้รับผลกำไรมาก

อัจฉรา จันทรชัย (2553,น.57-58) ได้กล่าวถึงความสำคัญของนวัตกรรม ไว้ว่านวัตกรรมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาชุมชน สังคม และประเทศชาติซึ่งนวัตกรรมเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้ประเทศพัฒนาจากการคิดค้นนวัตกรรมมาช่วยในการพัฒนาระบบบริหารจัดการ และผลิตภัณฑ์ และความคิดใหม่ๆที่จะช่วยส่งเสริมให้คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากการพัฒนา นวัตกรรมใหม่ๆมาใช้ในการพัฒนาประเทศ

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2558,น.3) อธิบายว่า การส่งเสริมให้เยาวชนมีการพัฒนาความสามารถด้านนวัตกรรม การที่มีความคิดสร้างสรรค์และสามารถพัฒนาเทคโนโลยีนั้นให้เจริญ รุดหน้า การนำความรู้ความสามารถและความคิดสร้างสรรค์ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดผลงานสิ่งประดิษฐ์ ผลงานและการบริการใหม่ ๆ ตามความต้องการของตลาด พัฒนาและส่งเสริมภูมิปัญญาให้มีคุณค่ามากขึ้น พัฒนาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่าและยาวนานยิ่งขึ้น ทำให้คนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมตามความต้องการ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของนวัตกรรมสรุปได้ว่า นวัตกรรมนั้นมีความสำคัญมาก ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งกระบวนการพัฒนานวัตกรรมเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้ประเทศพัฒนาจากการกระบวนการคิดค้นนวัตกรรมมาช่วยในการพัฒนาระบบบริหารจัดการ และผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการส่งออก เกิดการจ้างงานทำให้ประชาชนในประเทศอยู่รอดจากการตลาดที่มีผลิตใหม่ๆ และความคิดใหม่ๆที่จะช่วยส่งเสริมให้คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากการพัฒนากรรมใหม่ๆมาใช้ในการพัฒนาประเทศ อีกด้วย

1.6 ประเภทของนวัตกรรม

Fariborz Damanpour & Deepa Aravind. (2008,pp.490-491) ได้กำหนดประเภทของนวัตกรรมเป็น ประเภทดังนี้

1. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์และกระบวนการนวัตกรรม นวัตกรรมเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อความต้องการของลูกค้าและลดระยะเวลาในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2. นวัตกรรมบริการ นวัตกรรมเพื่อการบริการตามความต้องการของผู้ใช้บริการ ต้องสร้างบริการใหม่ขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพผลิตภัณฑ์ขององค์กร

3. นวัตกรรมด้านบริหาร หรือ เรียกอีกอย่างว่า นวัตกรรมองค์กร กิจกรรมขององค์กรเปลี่ยนแปลงไปตามรูปแบบของนวัตกรรมกระบวนการ ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางอ้อมกับพื้นฐานขององค์กร และกิจกรรมพื้นฐานของคนในภายในองค์กร ซึ่งนวัตกรรมเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขององค์กร ที่จะต้องปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการองค์กร

4. นวัตกรรมแบบก้าวกระโดด และนวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไปนวัตกรรมสองประเภทนี้ ตัวอย่าง เช่น จากระดับการผลิต หากเป็นนวัตกรรมแบบก้าวกระโดดอาจจะเป็นตัวทำลายล้างนวัตกรรมเก่าแบบราบคาบ ในขณะที่นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไปนั้น จะพยายามใช้ความรู้ ในการพยายามต่อยอดให้เทคโนโลยี กระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่นั้นสามารถแข่งขันได้ดียิ่งขึ้น นวัตกรรมแบบก้าวกระโดดนั้นเน้นกดทับสิ่งที่มีอยู่ หรือทำลายในขณะที่นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไปนั้นจะเน้นการทบทวนและพัฒนาในระดับองค์กร นวัตกรรมทั้งสองนั้นจะถูกแบ่งแยกโดยความสามารถในการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่พื้นฐาน หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงในผลลัพธ์จากกระบวนการขององค์กร และหรือการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการเดิมๆไปอย่างสิ้นเชิง นวัตกรรมแบบก้าวกระโดดนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ไม่ว่าจะในเชิงเทคโนโลยี ระดับองค์กร หรือระดับอุตสาหกรรม ในขณะที่นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไปนั้นสร้างผลกระทบอันเล็กน้อยในระบบ

David Smith (2010,p.29) ได้กำหนดประเภทของนวัตกรรมโดยทำการแบ่งประเภทนวัตกรรมตามการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ เป็นนวัตกรรมที่เกิดการคิดค้นสิ่งใหม่ๆที่สามารถจับต้องได้ โดยการประดิษฐ์สิ่งของที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการ เช่น โทรศัพท์มือถือ

สมาร์ทโฟนที่สามารถทำอะไรได้หลากหลายฟังก์ชันการใช้งานที่ตอบสนองของผู้ใช้บริการที่แตกต่าง ออกไปตามความต้องการ

2. นวัตกรรมบริการ เป็นนวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ เช่น การใช้บริการสื่อแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการ ซึ่งเป็นที่คิดค้นมาเพื่อความสะดวกของผู้รับบริการอย่างเช่น ธนาคารมีแอปพลิเคชันเพิ่มเติมมาช่วยให้บริการสะดวกขึ้น ซึ่งผู้รับบริการสามารถทำธุรกรรมทางการเงินแบบออนไลน์ได้ เป็นต้น

3. นวัตกรรมกระบวนการ เป็นนวัตกรรมที่เป็นการคิดค้นการวางแผนการดำเนินงานให้เป็นระบบซึ่งเป็นวางแนวทางให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และเกิดประโยชน์ที่สุด เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ คิดค้นระบบการผลิตให้เกิดการผลิตที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2552,น.30) อ้างถึงใน ดนัย เทียนพุดม ได้จัดประเภทของ นวัตกรรมเป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้ นวัตกรรมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ

1. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ คือผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้นในเชิงพาณิชย์ที่ได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น หรือ เป็นสิ่งใหม่ ในตลาด นวัตกรรมนี้อาจจะเป็นของใหม่ ต่อโลก ต่อประเทศ องค์กรหรือแม้แต่ตัวเราเอง

2. นวัตกรรมในขบวนการผลิตหรือการดำเนินงาน เป็นการเปลี่ยนแนวทางหรือกระบวนการผลิตสินค้าหรือการให้บริการในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากเดิม

3. นวัตกรรมทางธุรกิจ นวัตกรรมทางธุรกิจเพื่อความยั่งยืน การที่ธุรกิจจะประสบความสำเร็จและ ยั่งยืนได้ ต้องความคิดสร้างสรรค์ ความคิดใหม่ ๆ แต่ต้องเป็น ความคิดใหม่ ๆ ที่สามารถขายได้ หรือ การทำให้ความคิดใหม่ ๆ มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ แหล่งที่สำคัญที่สุดของการเกิด นวัตกรรม อยู่ที่ "ลูกค้าหรือตลาดการแข่งขัน" เพราะจะแสดงถึงความต้องการของผู้บริโภค ความมีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่คู่แข่งนำหน้าเข้ามาสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ (2553,น.54-55) ได้แบ่งประเภทของนวัตกรรมตามเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ได้ 2 ประเภท คือ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ และนวัตกรรมกระบวนการ

1. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ คือ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อาจจะเป็นด้านเทคโนโลยี หรือวิธีการใช้ก็ดี รวมไปถึงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ให้มีคุณภาพหรือประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. นวัตกรรมกระบวนการ คือ การใช้แนวคิด หรือวิธีการ หรือกระบวนการใหม่ที่ส กระบวนการผลิตและการทำงานให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เป็นต้น

ดังนั้นจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทของนวัตกรรมจะเห็นได้ว่าประเภทของนวัตกรรมนั้นสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง แต่โดยรวมแล้วจะเห็นประเภทของนวัตกรรม แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ ประเภทของผลิตภัณฑ์ เป็นนวัตกรรมในการคิดค้นผลิตภัณฑ์เดิมหรือผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคและให้สอดคล้องกับสภาพสังคมให้เกิดประโยชน์สูงสุด นวัตกรรมกระบวนการ คือ การจัดการทำกับกระบวนการพัฒนาหรือผลิตทำให้ลดระยะเวลาในการจัดการ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และได้จำนวนมากขึ้นเป็นการลดต้นทุน เวลา และได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น และประเภทสุดท้าย นวัตกรรมในการบริการ เป็นนวัตกรรมในทางธุรกิจเพื่อตอบสนองลูกค้าผู้ใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ ในการอำนวยความสะดวกสบายในการใช้บริการ เช่น การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามาจัดการในส่วนของบริการ หรือการใช้แอปพลิเคชันมาช่วยในการทำธุรกิจ เพื่อตอบสนองความต้องการที่ต่างกันของลูกค้าในยุคดิจิทัล เป็นต้น

1.7 ความคิดสร้างสรรค์กับการสร้างนวัตกรรม

ดนตรีน ก เปื่อน้อย (2559.น.3) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นมีความสัมพันธ์ในด้านเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม ซึ่งการพัฒนานวัตกรรมนั้นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อความเจริญก้าวหน้าของอุตสาหกรรมและกระบวนการผลิตนวัตกรรมให้เหมาะสมกับโครงสร้าง ความต้องการของตลาดและสภาพเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งใช้นวัตกรรมที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนากระบวนการผลิต

Friday O. Okpara (2007,p.11) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ ความมุ่งมั่นที่จะทำกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นเอกลักษณ์ ดังนั้นมูลค่าของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อสร้างหนทางสำหรับผู้ประกอบการที่ชาญฉลาดและกระตือรือร้นในการค้นหาโอกาสทำสิ่งใหม่ ๆ โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม กระตุ้นและขับเคลื่อนกิจกรรมขององค์กรในทิศทางใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสรุปได้ว่านวัตกรรมเป็นแนวคิดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาให้เกิดสิ่งใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการ ซึ่งต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ เพื่อค้นพบสิ่งใหม่ๆ เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่แตกต่างกันความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นส่วนสำคัญที่จะก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ที่สร้างสรรค์ขึ้นมาจากแนวคิดใหม่ๆ ที่แตกต่างกัน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของบุคคลในสังคม ที่ต้องการความสะดวกสบาย ทำให้เกิดเป็นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาที่เกิดจากการคิดสร้างสรรค์

1.8 ลักษณะของการสร้างผลงานนวัตกรรม

เนาวนิตย์ สงคราม (2556,น.34) ได้กล่าวไว้ว่าลักษณะของการสร้างผลงานนวัตกรรม ได้แก่

1. สิ่งใหม่วิธีการใหม่ความคิดใหม่ผลิตภัณฑ์ใหม่หรือสิ่งที่ดัดแปลงแปลกใหม่ต่างจากที่เคยมีในองค์กรหรือจัดการพัฒนาสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้น
2. ความสามารถในการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ของบุคลากรในองค์กรสร้างขึ้น
3. สามารถนำไปใช้ได้จริงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

อรนุช ลิ้มศิริ (2546,น.2) ได้กล่าวถึงการสร้างผลงานนวัตกรรมต้องมีลักษณะ

1. ผลงานดีมีคุณค่า
2. ผลงานที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการใช้
3. สามารถใช้งานได้อย่างมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพมีประสิทธิผล

นภาพรณ์ เพียงดวงใจ (2558,น.75) อธิบายถึงลักษณะของการสร้างผลงานนวัตกรรมควรจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. เป็นแนวคิดวิธีการกระบวนการหรือองค์ความรู้ที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือเป็นกระบวนการพัฒนาดัดแปลงการใช้ความรู้จากของที่มีอยู่แล้วหรือที่เกิดจากการสร้างสรรค์ให้ทันสมัยและใช้งานได้
2. การพัฒนาในการสร้างนวัตกรรมนั้นได้กระทำอย่างเป็นระบบและมีการทดลองปรับปรุงจนกระทั่งมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ
3. สามารถนำไปใช้งานได้จริงมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าเดิมประหยัดเวลาและแรงงาน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับลักษณะของการสร้างนวัตกรรมนั้นมีลักษณะสำคัญที่เด่นชัด คือ ต้องเป็นแนวคิด หรือกระบวนการที่เกิดจากการใช้องค์ความรู้ในการคิดค้นสิ่งใหม่หรือพัฒนาสิ่งเดิมที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนานวัตกรรมต้องเกิดจากการทดลองทำซ้ำจนเกิดผลที่น่าพึงใจต่อการนำมาใช้ประโยชน์ได้ นวัตกรรมที่สร้างขึ้นต้องมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงและต้องช่วยลดต้นทุนในการผลิตประหยัดเวลาและแรงงาน

1.9 แนวทางการพัฒนานวัตกรรม

ในกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผ่านกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างสรรค์ผลงานจนเกิดเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ขึ้น สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549,น.12-15) ได้กำหนดแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา โดยได้กำหนดรูปแบบแนวทางในการพัฒนา ไว้ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการ โดยสำรวจและวิเคราะห์สภาพของปัญหา จุดด้อย จุดเด่น และความต้องการ

2. ออกแบบนวัตกรรม แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 คิดจินตนาการ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหา

2.2 จัดลำดับความคิด สามารถสรุปความคิด ที่สามารถนำมาพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาให้ตรงจุด

2.3 รวบรวมความคิด และกำหนดขั้นตอนในการพัฒนานวัตกรรม

3. สร้างและพัฒนานวัตกรรม

3.1 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และงบประมาณในการพัฒนานวัตกรรม

3.2 ดำเนินการพัฒนานวัตกรรม

3.3 ตรวจสอบนวัตกรรมที่ได้พัฒนาขึ้น

3.4 ทำการวิเคราะห์ และปรับปรุงพัฒนานวัตกรรม

สร้างเกณฑ์และทำการประเมินผลงานการพัฒนานวัตกรรม

4. นำนวัตกรรมที่ได้พัฒนาแล้วนำไปทดลองใช้ แล้วประเมินผล ทำการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม

5. สรุปและรายงานผลการพัฒนานวัตกรรม และนำนวัตกรรมไปเผยแพร่

มนสิข สิริสมบุญ (2550,น.9)ได้อธิบายไว้ว่า ขั้นตอนในการพัฒนานวัตกรรมนั้นเริ่มต้นด้วยการออกแบบนวัตกรรมหรือการพัฒนานวัตกรรม คือการสร้างนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาหรือการพัฒนานวัตกรรมที่มีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น จากนั้นนำนวัตกรรมที่พัฒนาเสร็จแล้วไปทดลองใช้ เพื่อรับรองผลที่ได้เพื่อยืนยันการทดสอบ และขั้นตอนสุดท้ายคือการประเมินผลนวัตกรรมที่สร้างหรือพัฒนาขึ้น ว่ามีประโยชน์ คุณค่า สามารถนำไปใช้ได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการพัฒนานวัตกรรมนั้น สามารถสรุปได้ว่าในการสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมขึ้นมา นั้น เริ่มต้นจากการคิดและออกแบบจากปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันจากสิ่งใกล้ตัว นำมาสร้างหรือพัฒนาจากนั้นทำการพัฒนานวัตกรรมที่ออกแบบไว้แล้วนำไปทดลองใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพว่านวัตกรรมนั้นมีคุณค่า และทำการประเมินค่าของนวัตกรรมว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด

1.10 องค์ประกอบการประเมินผลงานนวัตกรรม

อรนุช ลิ้มตศิริ (2546,น.5)ได้เสนอเกณฑ์ในการพิจารณาว่าวิธีการแนวคิดหรือการกระทำใดเป็นนวัตกรรมหรือไม่โดยใช้เกณฑ์

1. เป็นสิ่งใหม่ทั้งหมดหรือบางส่วนเช่นคิดวิธีการใหม่ได้หรือการนำเอาวิธีการซึ่งเคยปฏิบัติแต่เดิมมาปรับปรุงบางส่วนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. การประดิษฐ์คิดค้นนั้นใช้วิธีการจัดการระบบโดยพิจารณาถึงข้อมูลที่ป้อนเข้ากระบวนการและผลลัพธ์
3. มีการพิสูจน์เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าสิ่งใหม่นั้นมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือได้
4. สิ่งใหม่นั้นยังไม่ใช่ส่วนหนึ่งของระบบในงานปัจจุบันเพียงแต่มีการนำไปใช้บางกับยังไม่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปหรือยังแพร่หลาย

วรากร หงษ์โต (2553,น.253-257) ได้สร้างแบบประเมินนวัตกรรมการเรียนการสอนซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินนวัตกรรมการเรียนการสอนที่ครูผู้สอนวิชาคอมพิวเตอร์ได้สร้างขึ้นจากการเข้าร่วมชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความเป็นนวัตกรรม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ ความเป็นนวัตกรรม
2. ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม มี 6 ตัวบ่งชี้
 1. วัตถุประสงค์และเป้าหมายในการพัฒนานวัตกรรม
 2. การใช้แนวคิดทฤษฎีในการสร้างนวัตกรรม
 3. การออกแบบและการพัฒนานวัตกรรม
 4. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม
 5. การมีส่วนร่วมในการพัฒนานวัตกรรม
 6. ความสำเร็จในการพัฒนานวัตกรรม

3. ด้านคุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม มี 6 ตัวบ่งชี้

1. การแก้ปัญหาหรือพัฒนาคุณภาพผู้เรียน
2. การใช้ทรัพยากรในการพัฒนานวัตกรรม
3. การเรียนรู้ร่วมกัน
4. การส่งเสริมให้เกิดกระบวนการแสวงหาความรู้
5. การยอมรับ
6. การนำไปใช้

เนาวนิตย์ สงคราม (2556,น.135-145) ได้อธิบายถึงการประเมินผลงานนวัตกรรมว่าการประเมินผลงานนวัตกรรมถือเป็นส่วนสำคัญที่บอกได้ว่าผลงานนวัตกรรมที่นำเสนอั้นมีความเป็นนวัตกรรมแบบประเมินนี้จะประเมินนวัตกรรมทั้งหมด 3 ด้าน

- 1) มาตรฐานด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม
- 2) มาตรฐานด้านคุณค่า
- 3) ความเป็นนวัตกรรม

ในลักษณะของเกณฑ์การประเมิน (rubric) โดยมีรายละเอียดการประเมินผลงานนวัตกรรม ดังนี้

1. มาตรฐานด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม
 - 1.1 กระบวนการพัฒนานวัตกรรม
 - 1.2 การกำหนดเป้าหมาย
 - 1.3 กรอบในการสร้างนวัตกรรม
 - 1.4 การออกแบบนวัตกรรมตรงตามหลักการหรือทฤษฎี
 - 1.5 กระบวนพัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรม
 - 1.6 การประเมินและสรุปผล
 - 1.7 การนำเสนอนวัตกรรมและเผยแพร่ผลงาน
 - 1.8 การคำนึงถึงเรื่องลิขสิทธิ์หรือจรรยาบรรณ
2. มาตรฐานด้านคุณค่า
 - 2.1 ประสบการณ์ความรู้ใหม่ที่ต่อยอดจากเดิม
 - 2.2 การแก้ไขปัญหาตามวัตถุประสงค์
 - 2.3 ความคุ้มค่าด้านทรัพยากร

2.4 ผลงานมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

2.5 การได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานจริง

2.6 การเรียนรู้ร่วมกันจากของผู้สร้างนวัตกรรม

3. ความเป็นนวัตกรรม

3.1 ผลงานสิ่งใหม่ หรือวิธีการใหม่

3.2 มีการสร้างสรรค์ในชิ้นงาน

นภภรณ์ เพียงดวงใจ (2558,น.76) ได้พัฒนาแบบประเมินจากสถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประเมินการทำโครงการวิทยาศาสตร์สามารถประเมินได้ทุกขั้นตอนของการปฏิบัติโดยการสังเกตจากการทำกิจกรรมกระบวนการของผู้เรียนซึ่งสมรรถภาพต่างๆที่ประเมินจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ซึ่งจะได้เป็นผลงานนวัตกรรมมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1. การเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. กระบวนการแก้ปัญหา
4. การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลงานนวัตกรรม สรุปได้ว่าองค์ประกอบหลักในการประเมินผลงานนวัตกรรมนั้น ดังนี้ มีองค์ประกอบหลักในการประเมิน 3 ด้าน 1. ความเป็นนวัตกรรม 2. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม 3. คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม

1.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

นภภรณ์ เพียงดวงใจ (2558,น.143) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการทำโครงการเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างนวัตกรรม จิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 39 คน โดยการท่วิจัยแบบผสมวิธีการโดยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการทำโครงการเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อให้ได้แนวคิดใหม่ที่ใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการทำโครงการเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตาม

แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับสูงเกินกว่าร้อยละ 80 การเรียนรู้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับที่ดี

Li Yan (2007,pp.213-222)ได้ทำวิจัยเรื่อง Design creativity in product innovation ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ในการออกแบบผลงานนวัตกรรมโดยผู้วิจัยกล่าวว่ากระบวนการออกแบบทางศิลปะแบบเดิมๆมักจะละเลยกระบวนการการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการวางแผนออกแบบงานวิจัยขั้นนี้จึงนำกระบวนการศึกษาเชิงคุณภาพโดยนำปัจจัยส่วนบุคคลเข้ามาวิเคราะห์โดยใช้การออกแบบเชิงผลผลิตเป็นฐานการศึกษาในการนี้ ความรู้ทางเทคโนโลยีและสื่อการศึกษาและรูปแบบการคิด พบว่าความคิดสร้างสรรค์โดยเกิดจากความรู้ ความฉลาด ลักษณะบุคลิกภาพ แรงจูงใจ บริบทของสิ่งแวดล้อม โดยความรู้อย่างเดียวไม่สามารถทำให้ความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นได้ต้องใช้องค์ประกอบหลายอย่างรวมกัน ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการแก้ปัญหาที่มีพื้นฐานจากหลักฐานทางเทคโนโลยีวิศวกรรมและการคิดนอกกรอบที่จะช่วยให้นักออกแบบสามารถสร้างนวัตกรรมเชิงผลงานได้กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ที่ดีคือพัฒนากระบวนการตามหลักของ TRIZ และ CT พัฒนาแรงจูงใจโดยใช้การสุ่ม เช่น การสุ่มจับคู่สิ่งของและเกิดการประดิษฐ์สิ่งใหม่ ใช้การตรวจสอบรายการในการผลิตไอเดียใหม่ ๆ และใช้ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการรวบรวมข้อมูลให้เกิดความคิดใหม่ ๆ

Daud and Salina (2008,pp.440-442)ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง Knowledge creation and Innovation in classroom การสร้างความรู้และนวัตกรรมในชั้นเรียน โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาประโยชน์ของกระบวนการสร้างความรู้ในทฤษฎีการจัดการความรู้ของสถาบันอุดมศึกษาโดยมีกระบวนการประกอบด้วย SECI โมเดล ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการของโมเดลจะช่วยพัฒนาการศึกษาในระดับอุดมศึกษาให้มีนวัตกรรมซึ่งการวิจัยได้เก็บข้อมูลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาประเทศมาเลเซีย โดยทำการประเมินในชั้นเรียนจากการสังเกตพฤติกรรมการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ แฟ้มสะสมผลงานการสอบการสอบย่อยการเขียนเรื่องความ และเครื่องมือที่ใช้ เช่นเว็บไซต์การฝึกงานและการจัดทำโครงงานจากการศึกษาพบว่านวัตกรรมของผู้เรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการความคิดสร้างสรรค์เป็นสาระแต่ขึ้นอยู่กับตัวโมเดลพบว่ากระบวนการของการพัฒนาทำให้ผู้เรียนเกิดนวัตกรรมมากกว่ากระบวนการอื่นๆ จากการวิเคราะห์ พบว่า การติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะการสร้างความรู้และประสบการณ์จะก่อให้เกิดความรู้ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นและจากการศึกษาที่ยังบ่งชี้ได้อีกว่านักศึกษาขาดการ

ติดต่อกับสื่อสารกับสังคม ดังนั้น สถานศึกษาจึงควรพัฒนาด้านการแลกเปลี่ยนความคิดโดยจัดให้มีการเรียนการสอนที่ตอบสนองต่อการสื่อสารสังคมเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในขั้นตอนของโมเดลอย่างหนึ่งคือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้หนึ่งกับอีกผู้หนึ่ง

เนาวนิตย์ สงคราม (2552, น.180-184) ได้ทำการพัฒนารูปแบบ การเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตโดยมีความมุ่งหมาย คือเพื่อศึกษาองค์ประกอบและขั้นตอนการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และสร้างรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต และ ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนบนเว็บและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต และ นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ นิสิตที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตสำหรับเครื่องฉายและเครื่องเสียงจำนวน 19 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบวัดถ่วงรูปเป็นทีมแบบวัดความคิดสร้างสรรค์แบบประเมินนวัตกรรม แบบสัมภาษณ์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยส่วนเป็นแมนแมทานแล้ววิเคราะห์ค่าที จากผลวิจัยพบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจะประกอบด้วย 10 ขั้นตอน นิสิตมีคะแนนการเรียนรู้เป็นทีมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แคนความคิดสร้างสรรค์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง วัฒนธรรมของคนไทยยังอยู่ในระดับดีมากหนึ่งกลุ่มและระดับดีสามกลุ่ม

ทองคำ วิรัตน์ (2546, น.86) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับก่อนเรียนโดยใช้ขั้นตอนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สองโรงเรียนสตรีวัดอัมพรสวรรค์ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วยนวัตกรรมการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการประเมินเรียบร้อยแล้ว ผลการวิจัยพบว่าความแตกต่างของคะแนนทักษะของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยนวัตกรรมการสอนของโครงงานวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พยัต วุฒิมรงค์ (2557, น.37) กล่าวว่า การศึกษาการสร้างความรู้ความฉลาดในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและการใช้มุมมองแนวคิดด้านทรัพยากร ที่ทำให้เกิดกระบวนการคิดในการสร้างนวัตกรรม นั้นต้องอาศัยปัจจัย ดังนี้ ด้านสภาพแวดล้อมในองค์กร ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างของ

องค์กร การสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ที่มีมาจากทฤษฎีแนวคิดในการสร้างนวัตกรรม ปัจจัย ด้านทรัพยากรมนุษย์ เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของการพัฒนานวัตกรรม หากมนุษย์ผู้สร้างขาดทุนทรัพย์ทางกายภาพก็จะเกิดการแข่งขันลอกเลียนแบบนวัตกรรม ปัจจัยด้านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนานวัตกรรม ผู้สร้างนวัตกรรมควรที่จะเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน เปิดใจรับสิ่งใหม่และแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันซึ่งการเรียนรู้นั้นมีอิทธิพลต่อการสร้างสรรค์นวัตกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม สรุปได้ว่าการที่จะพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมการที่จะทำให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมสำเร็จได้นั้นต้องอาศัยปัจจัย เช่น ความคิดสร้างสรรค์โดยเกิดจากความรู้ความฉลาด ลักษณะบุคลิกภาพ แรงจูงใจ บริบทของสิ่งแวดล้อม เข้ามากระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเองในการสร้างนวัตกรรมให้ออกมาสำเร็จได้ ต้องพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้นจะต้องทั้งการคิดและการลงมือปฏิบัตินั้นจำเป็นต้องเข้าใจหลักการในการพัฒนา และส่งเสริมการแสดงออกทางความคิดของผู้เรียนและต้องมีปัจจัย กิจกรรมเข้ามากระตุ้นเพื่อที่จะให้ผู้เรียนนั้นเกิดความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ประสาธน์ เถืองเฉลิม (2550, น.25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) และ (ทศนา เขมมณี, 2552, น.353-355) ได้อธิบายถึงการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ไปในทิศทางเดียวกันสรุปได้ว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนผู้เรียนเป็นศูนย์กลางซึ่งเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ของ (Eisenkraft) ที่ปรับปรุงเพิ่มเติมจากแนวคิดเดิมที่เป็นการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เพิ่มเป็น 7 ขั้น โดยการเพิ่ม ขั้นตอนตรวจสอบความรู้เดิมและขั้นในการนำความรู้ไปใช้ เข้ามาโดยมีวัตถุประสงค์ให้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้นนั้นมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียนและยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้า ผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)
2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase)
4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถสรุปได้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการตรวจสอบความรู้เดิม ไร้ความสนใจ ค้นหาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ ให้ได้มาซึ่งคำตอบ แล้วนำมาอธิบายและขยายความรู้ ตามด้วยประเมินผล จากนั้นขั้นสุดท้ายคือการนำเอาองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือร่วมกับประสบการณ์อื่นๆ ในการต่อยอดความรู้

2.2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

Eisenkraft. (2003,pp.57-59) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วย

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้เดิมหรือทบทวนความรู้เดิม
2. ขั้นไร้ความสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็นเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
3. ขั้นสำรวจและค้นหาสืบค้น รวบรวมข้อมูล วางแผนตั้งสมมติฐาน เพื่อลงมือปฏิบัติ
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนำมาวิเคราะห์แปลผลเป็นตาราง กราฟ แผนภูมิ
5. ขั้นขยายความรู้การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมกับความรู้เดิมเพิ่มเติมนำไปสู่สถานการณ์ใหม่
6. ขั้นประเมินผล เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนและประเมินความคิดรวบยอด
7. ขั้นนำไปใช้ ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยงหัวข้อที่เรียนได้เรียนแล้วนำไปสู่หัวข้ออื่นๆที่เกี่ยวข้องเรียกว่าการถ่ายโอนความรู้

สสวท. (2546,น.44-45) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วย

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้เดิมหรือทบทวนความรู้เดิม
2. ขั้นสร้างความสนใจ กระตุ้นด้วยเรื่องที่น่าสนใจ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมจากคำถามหรือประเด็นที่สงสัย
3. ขั้นสำรวจและค้นหาสืบค้น วางแผนกำหนดในการตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานลงมือปฏิบัติ เช่นการทดลอง
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยนำมาแปลความหมาย สรุปผล ผลการสืบค้น นำเสนอในรูปแบบต่างๆ
5. ขั้นขยายความรู้ นำองค์ความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับองค์ความรู้เดิมหรือนำข้อสรุปไปอธิบายเหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น
6. ขั้นประเมินผล เป็นการประเมินความรู้ หรือกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไรมากน้อยเพียงใดนำองค์ความรู้ไปใช้ได้อย่างไร
7. ขั้นนำไปใช้ ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยงแล้วนำไปสู่เรื่องอื่นได้

ประสพท. (2550,น.25-27) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วย

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูตั้งคำถามตรวจสอบความรู้เดิม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม
2. ขั้นสร้างความสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นที่น่าสนใจ
3. ขั้นสำรวจและค้นหาสืบค้น ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา โดยทำการวางแผนการทดลอง เช่น การทดลอง
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นำข้อมูลที่ได้มานั้นมาวิเคราะห์และตีความสรุปผล การศึกษาค้นคว้าแล้วนำเสนอ
5. ขั้นขยายความรู้ ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อเป็นการต่อยอดองค์ความรู้เพื่อเป็นการพัฒนาตนเอง
6. ขั้นประเมินผล การตรวจสอบผลของการจัดการเรียนรู้เมื่อผู้เรียน ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียบร้อยแล้วต้ององค์ความรู้ใหม่สามารถสรุปความคิดรวบยอดได้

7. ชื่อนำไปใช้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต นำความรู้ไปใช้ในสาระการเรียนรู้อื่น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นั้นมีแนวจัดการโดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน การตรวจสอบความรู้เดิม โดยการสอบถาม การทดสอบ การเฝ้าความสนใจอาจจะเป็นการใช้คำถามกระตุ้น ขั้นสำรวจผู้เรียนสามารถใช้วิธีได้หลากหลายในการสืบเสาะหาคำตอบ เช่น ทดลอง เป็นต้น จากนั้นนำไปอธิบายถึงหลักการและแนวคิด เมื่อได้ข้อสรุปนำแนวคิดที่ได้ไปขยายความรู้ เป็นการแบ่งปันประสบการณ์ให้ผู้อื่นจากนั้นทำการประเมินผล อาจจะเป็นการถามตอบหรือทดสอบ จากนั้นขั้นตอนสุดท้ายในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ในการเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระอื่น

2.3 แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ประสาธ นื่องเฉลิม (2550, น.25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) และ (พิศนา แชมมณี, 2552 , น.353-355) ได้อธิบายถึงแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สรุปได้ว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยแต่ละขั้นตอนมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นตอนแรกในครูอาจจะตั้งคำถาม เพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้เดิม ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้ ประสบการณ์เดิม ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพที่นักเรียนสนใจ หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้ หรือประเด็นข้อค้นพบเกี่ยวกับทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์ทำให้เด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังความรู้และประสบการณ์ที่ผู้เรียนมี ทำให้ครูได้ทราบว่ามีผลของผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้ประสบการณ์พื้นฐานอย่างไร และครูผู้สอนจะต้องเติมส่วนใดให้ผู้เรียน และวางแผนในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้และความต้องการของผู้เรียน

ขั้นเฝ้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นในการนำเข้าสู่บทเรียนหรือสาระการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยผู้สอน อาจจะเชิญชวนผู้เรียนร่วมกันอภิปรายประเด็น เหตุการณ์หรือเรื่อง ที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นในขณะนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนเรียนรู้มาแล้ว โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม กระตุ้น

ให้ผู้เรียนเกิดอยากรู้ อยากเห็น หรือครูอาจจะกำหนดหัวข้อ ประเด็นที่จะน่าสนใจแก่ผู้เรียน ครูอาจให้ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าจากสารสนเทศ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย หรือประเด็นที่สนใจที่ต้องการจะค้นหาคำตอบ โดยครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นตอนนี้เมื่อผู้เรียนได้ประเด็นปัญหา หรือเรื่องที่สนใจที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้องของปัญหาแล้วนั้น ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะทำการค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา หรือประเด็นที่สงสัย โดยทำการวางแผนการตรวจสอบ จากนั้นลงมือในการสำรวจค้นหา จากการสืบค้นสารสนเทศ เช่น การทดลอง ปฏิบัติการสำรวจ การลงมือทำกิจกรรม เป็นต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งผลของคำตอบที่ถูกต้องแม่นยำ จึงต้องมีการสำรวจที่รอบคอบ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาที่ถูกต้องที่สุด

ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เมื่อผู้เรียนได้คำตอบที่ได้จากการค้นหาโดยการสืบค้น การทดลองแล้วนั้น ผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์และตีความสรุปผลการศึกษาค้นคว้า ในการนี้อาจจะนำเสนอผลของการศึกษาในรูปแบบของ ตารางสรุป แผนภูมิ กราฟ รูปภาพ แผนผังผังมโนทัศน์ หรือการบรรยายสรุปความคิดรวบยอด เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของประเด็นปัญหา ที่มาของสาเหตุประเด็นต่างๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจประเด็นปัญหาที่สงสัยได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) หลังจากที่ผู้เรียนได้อธิบายสรุปผลของการศึกษาค้นคว้าประเด็นที่สงสัยและได้คำตอบแล้วนั้น ในขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยงโดยการนำความรู้ที่ได้นั้นมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรืออาจจะเชื่อมโยงไปยังความรู้อื่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาตนเอง ในการนำความรู้ไปต่อยอดในการสร้างสรรค์ผลงาน หรือนำองค์ความรู้ที่ได้ขยายกรอบแนวคิดออกไปเพื่อเป็นประสบการณ์ความรู้ของผู้เรียนในขั้นต่อไป ในขั้นนี้ครูควรจัดประสบการณ์หรือกิจกรรมเสริมเพื่อที่จะให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดเชื่อมโยงที่จะนำความรู้ที่ได้ไปบูรณาการในการนำความรู้ไปขยายสู่ประเด็นอื่นได้

ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นการประเมินผลเป็นขั้นที่ครูจะทำการตรวจสอบผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าผู้เรียนเมื่อได้ทำการค้นหาข้อสงสัยหรือประเด็นปัญหาที่ร่วมกันค้นหาแล้วนั้นเกิดผลอย่างไร นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ สรุปความความรวบยอด ประเด็นที่สนใจศึกษาได้หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

ชั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นตอนสุดท้ายครูมีหน้าที่ในการจัดประสบการณ์ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือนำความรู้ที่ได้ไปใช้ชีวิตประจำวัน โดยครูมีหน้าที่ที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับสาระการเรียนรู้อื่น อย่างเหมาะสม

2.4 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ประสาธต เนืองเฉลิม (2550, น.25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) และ (ทิตินา แซมมณี, 2552, น.353-355) ได้อธิบายถึงบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สรุปได้ดังนี้

ตาราง 1 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของผู้เรียน
1. ตรวจสอบ ความรู้เดิม (elicit)	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็น - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมของนักเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง - แสดงประสบการณ์ความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายระหว่างครู และนักเรียนร่วมกัน
2. สร้างความ สนใจ (engage)	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ 	<ul style="list-style-type: none"> - ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระหายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็น - นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจ - อภิปรายเสนอประเด็นที่ต้องการทราบ
3. สืบหา ค้นหา (explore)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน - สืบหาตรวจสอบ - ชักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจกระบวนการค้นหา 	<ul style="list-style-type: none"> - คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจ - ตั้งสมมติฐานใหม่และคาดคะเน - ตรวจสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - พยายามค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นการ เรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของผู้เรียน
4. อธิบาย (explain)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้คิดและแสดงออก ความคิดเห็นได้อย่างอิสระ - ส่งเสริมให้อธิบายความคิดตาม ความเข้าใจ - ให้นักเรียนหาหลักฐาน ให้เหตุผล อย่างเหมาะสม 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของผู้อื่น - คิดวิเคราะห์วิจารณ์ประเด็นที่เพื่อน นำเสนอ - ชักถามคำถามอย่างสร้างสรรค์กับสิ่งที่คน อื่นได้อธิบาย
5. ขยาย ความรู้ (elaborate)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิด ประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นำความรู้ที่เรียนมาไป ปรับในสถานการณ์ใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อมูลที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่คล้ายเดิม -- บันทึกการสังเกตข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการ อภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อนๆ
6. ประเมินผล (evaluate)	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตนักเรียนในการนำความคิด รวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะ - ให้นักเรียนประเมินตนเอง เกี่ยวกับการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์ พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความเข้าใจของตนเองในกิจกรรม - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่ เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำไปใช้
7. นำความรู้ ไปใช้ (extend)	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นให้ตั้งข้อคำถามตาม ประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับ ใช้ - แนะนำแนวทางในการนำความรู้เดิม ไปสร้างองค์ความรู้ใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะที่ได้ไปการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ไปสู่การแก้ปัญหา - การนำความรู้ประสบการณ์ไปปรับใช้ใน ชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ในทุกขั้นตอนครูจะเป็นผู้ที่คอยสนับสนุนและกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบเสาะและค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง และอาจจะช่วยกำหนดประเด็นเนื้อหาที่สอดคล้องและเหมาะสมกับผู้เรียน และบทบาทของผู้เรียนต้องเป็นผู้เรียนที่พร้อมที่จะค้นหาความรู้ และพร้อมที่จะเปิดรับสิ่งใหม่ๆ รู้จักการตั้งคำถาม การกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ต้องการหาความรู้ และนำความรู้ไปเผยแพร่และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

วัชรภรณ์ พงษ์จันทร์ (2558, น.310-312) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟฟิก วิชาชีววิทยาเรื่องระบบต่อมไร้ท่อสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยงานวิจัยเรื่องนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยาเรื่องระบบต่อมไร้ท่อ โดยทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิคผังกราฟฟิกโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนระยองวิทยาคม จำนวน 40 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม จากนั้นทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงดำเนินการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แล้วทำแบบทดสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนนำมาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบ t-test independent sample และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for one sample พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ส่องแสง อารามภรณ์ (2560, น.222-228) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับเทคนิคเคดับเบิลยูแอล เรื่อง สารในชีวิตประจำวันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านนาเจริญจังหวัดชัยภูมิ โดยในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องสารในชีวิตประจำวัน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคเคดับเบิลยูแอล และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากนั้นทำการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน และเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 12 คนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการ

จัดการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ชั้นร่วมกับเทคนิคเคดดับเบิลยูแอล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

อนุดิตา สารทอง (2560,น.152-155)ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น สอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิด เรื่องอาหารและการดำรงชีวิตกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น สอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิดและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น สอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิด และศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนรวมทั้งศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7 ชั้นสอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิดโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สองโรงเรียนสนธิราษฎร์วิทยา จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่มโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ชั้นสอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน รวมทั้งนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ชั้นสอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิด

Khan and Iqbal (2011,pp.175-176) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ชั้น เปรียบเทียบกับการสอนแบบดั้งเดิมในรายวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นทำการสอนทั้งสองวิธีการเป็นเวลา 30 วัน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ชั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Gurbuz and Turgut (2013,pp.91-92)ได้ทำการศึกษาในการสอนเรื่อง “Electricity in our life” โดยทำการเปรียบเทียบนักเรียน 2 กลุ่ม แบ่งเป็น กลุ่มทดลองได้รับการเรียนรู้รูปแบบ 7E และกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนแบบปกติพื้นฐาน ต้องทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนรูปแบบ 7E มีการการเรียนรู้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางเรียนสูงกว่านักเรียนแบบปกติพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เรียนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความรู้การลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดการพัฒนาตนเองจากการลองผิด ลองถูก ค้นหาความรู้จากสมมติฐานและการใช้แนวคิด ทฤษฎีมาใช้ในการค้นหาปัญหาที่สงสัย จนเกิดเป็นกระบวนการเรียนรู้ขึ้น

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557,น.25-26) ระบุว่า คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจาก (Science) วิทยาศาสตร์ (Technology) เทคโนโลยี (Engineering) วิศวกรรมศาสตร์(Mathematics) คณิตศาสตร์ คือกระบวนการนำเอาองค์ความรู้ 4 สาขาวิชา มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การนำไปปฏิบัติจริงในกระบวนการดำเนินชีวิตประจำวัน

มนตรี จุฬาวัดชนทล (2556,น.14) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ (STEM Education) สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้ที่บูรณาการ การจัดการศึกษาทางด้านวิชา วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะส่งเสริมให้คนรุ่นใหม่ ได้มีความรู้และทักษะการเรียนรู้ในทางสร้างสรรค์แบบใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 ที่โลกเราสามารถเรียนรู้พัฒนาติดต่อกันอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องพัฒนาทักษะในการดำรงชีวิต เพื่อให้เยาวชนไทยก้าวสู่การแข่งขันกับประชากรโลกได้

กมลฉัตร กล่อมอิม (2559,น.334) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการ

หรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มคือการ บูรณาการ พหุสาขาเข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ มีลักษณะ เป็นการสอนที่เน้นเชิงการบูรณาการ ช่วยให้สร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับองค์ ความรู้ในชีวิตประจำวันและเน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 สาขาวิชา รวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้ ในการพัฒนาตนเองส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบ การศึกษาค้นคว้าสิ่งใหม่ๆ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่าน การทำกิจกรรมโดยใช้ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้ได้นวัตกรรมใหม่ขึ้น

3.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557,น.27-28) ได้ระบุแนวทางการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า การจัดการศึกษาที่บูรณาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นวิธีการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งกระบวนการพัฒนา หรือผลผลิตให้เกิดขึ้นใหม่ ที่มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยง ระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม เป็น กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปฏิบัติเพื่อการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและ จนเกิดเป็นข้อค้นพบใหม่ๆ และเกิดความรู้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

ประสพท เนิื่องเฉลิม (2560,น.11-16) ระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มคือเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นว่าแนวคิดหลัก หรือกระบวนการที่เรียนรู้นั้น สามารถเกิดขึ้นได้ ใช้ประโยชน์ได้ ในชีวิตจริง ก็เป็นก้าวแรกสู่การบูรณาการความรู้สู่การเรียนอย่างมีความหมาย เพราะ ปรากฏการณ์หรือประดิษฐ์กรรม รอบตัวเรา ไม่ได้เป็นผลของความรู้จากศาสตร์หนึ่งศาสตร์ใด เพียงศาสตร์เดียว การประยุกต์ความรู้รอบตัว เช่น การคำนวณพื้นที่ของกระดาษชำระแบบม้วน เชื่อมโยงสู่ความรู้ความสงสัยด้านวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีการผลิต และการใช้แนวคิดวิศวกรรม วิเคราะห์ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

กมลฉัตร กล่อมอ้อม(2559,น.338) การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพราะเป็นกิจกรรมการ เรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21ตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานในการเรียนรู้ (21st Century Standards) คือ ทักษะในการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการ

คิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา ทักษะการพัฒนานวัตกรรม ทักษะการใช้ชีวิต โดยมีวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เพื่อส่งเสริมทักษะด้านความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี

National Academy of Engineering; National Research Council (2014,pp.13-15) กล่าวถึงแนวทางในการจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงนวัตกรรมสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) ขั้นตอนการแก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันต้องเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ กระบวนการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ความคุ้มค่า ข้อดีข้อเสีย และความเหมาะสม เพื่อเลือกแนวทางหรือวิธีคิดที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดจุดมุ่งหมายและเวลาสำหรับการดำเนินงานให้ชัดเจน รวมถึงกระบวนการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนตรวจสอบและประเมินผลงาน เพื่อแก้ไขปัญหโดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ไขมากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหต้องนำเสนอผลลัพธ์โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มคือกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหา หรือตั้งคำถาม แล้วสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง โดยการรวบรวมประจักษ์พยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง สื่อสารแนวคิดและเหตุผล เปรียบเทียบแนวคิดต่างๆ โดยพิจารณาความหนักแน่นของหลักฐาน ก่อนการตัดสินใจไปในทางใดทางหนึ่ง นับเป็นกระบวนการเรียนรู้สำคัญ ที่ไม่เพียงแต่สนับสนุนการเรียนรู้ในประเด็นที่ศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นช่องทางให้มี

การบูรณาการความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำถาม นับเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนจุดเน้นของสะเต็มศึกษาได้เป็นอย่างดี

3.3 แนวคิดสะเต็มศึกษากับการสร้างนวัตกรรม

Michael West (2012,pp.1-2) การจัดการศึกษาแบบสะเต็มเป็นกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะความรู้ในการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะเต็มเป็นแนวคิดหลักในการนำไปพัฒนาเทคโนโลยี การวิศวกรรม การออกแบบและการคำนวณซึ่งเป็นการพัฒนาบุคคลให้มีทักษะการโต้แย้งเชิงตรรกะและนำไปสู่ทักษะการแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์ และการเข้าใจธรรมชาติ

Melissa A. Schilling (2016,pp.1-3) ได้กล่าวถึงการพัฒนาวัตกรรมการในสหรัฐอเมริกาซึ่งแนวคิดการจัดการศึกษาแบบสะเต็มจะช่วยให้พลเมืองของสหรัฐอเมริกามีทักษะด้านการคิด ออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ ทำให้คนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่กระบวนการพัฒนาคน มุ่งไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมได้

กมลฉัตร กล่อมอิม (2559,น.336) ได้กล่าวถึงการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาคือในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา ต้องมีการนำกระบวนการคิดค้น หรือการออกแบบเชิงวิศวกรรมคือกระบวนการคิดในการออกแบบชิ้นงาน หรือผลงาน โดยการคิดที่นำเอาเทคโนโลยี หรือสิ่งใหม่เข้าสู่กระบวนการออกแบบ โดยการบูรณาการนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการคิดนี้

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Educations) กับการสร้างนวัตกรรม พบว่า การบูรณาการที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้และผู้วิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Educations) และสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย การบูรณาการพหุสาระการเรียนรู้เข้ามาเพื่อเพิ่มการเชื่อมโยงความรู้และเพิ่มทักษะในการคิดขั้นสูงเพื่อให้เกิดเป็นผลงานนวัตกรรมใหม่ได้

3.4 ระดับของการนำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

เขมวดี พงศานนท์ (2557,น.12) ได้กล่าวถึงการนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษาลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการ ด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ หรือการประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งแบบแยก รายวิชา และแบบรวมรายวิชา ดังนี้

ระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาเข้าสู่ชั้นเรียน

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) ครูผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านองค์ความรู้ และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาระในสะเต็มศึกษาแยกกัน เป็นวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) ครูผู้สอน จัดการเรียนรู้ในเนื้อหาความรู้และทักษะปฏิบัติ 4 สาระทำการศึกษาแยกกันเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ แต่ได้ มีการกำหนดหัวข้อหลัก (theme) หรือหัวข้อเรื่องที่จะศึกษาเป็นเรื่องเดียวกัน เพื่อให้แต่ละรายวิชาเชื่อมโยงกัน

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ครูผู้สอนจับคู่ ช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้องค์ความรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติสะเต็มตั้งแต่สองสาระขึ้นไป

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) ครูผู้สอน ทั้ง 4 สาระวิชาสะเต็มศึกษา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียน ได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ ของทั้ง 4 สาระสำหรับการแก้ไขปัญหาและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง

กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559,น.334) กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการเพื่อช่วยผู้เรียนเกิดความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา กับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

- 1) การบูรณาการภายในวิชา(Disciplinary integration)
- 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration)
- 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration)
- 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans disciplinary Integration)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557,น.29-31) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับการบูรณาการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกออกจากกัน เป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชา

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ แยกกัน โดยมีหัวข้อหลักเดียวกัน เช่น กระจิบข้าว เป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนเทคโนโลยี กระจิบข้าวจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ครูวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างกระจิบข้าวเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระจิบข้าวสอนเรื่องรูปทรง และให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระจิบข้าวได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาพร้อมกัน ซึ่งกิจกรรมมีการเชื่อมโยงให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใน รายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียน เกิดความเข้าใจและทักษะจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหาที่ และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง และการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่น่าสนใจ 2) ตัวชี้วัดในสาระวิชาที่เกี่ยวข้อง 3) ประสบการณ์และองค์ความรู้เดิมของนักเรียน

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Educations) พบว่า ระดับการบูรณาการที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้และผู้วิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Educations) นั้น ประกอบไปด้วย 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งผู้วิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิจัยโดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาโดยผู้สอนจะทำการจัดการเรียนเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยการใช้ความรู้ทั้ง 4 สาระวิชา ทั้ง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์

3.5 แนวคิดในการนำสะเต็มศึกษาไปบูรณาการ

ตาราง 2 การสังเคราะห์แนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	การจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา	การจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
1.ครูตั้งประเด็นคำถาม เพื่อทำการตรวจสอบความรู้เดิม เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมครูจะได้ทราบถึงพื้นฐานของผู้เรียน	1.การระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่พบในชีวิตประจำวันและวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม ซึ่งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ผู้เรียนมี
2.ครูทำการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยอยากรู้ อยากเห็นเกี่ยวกับคำถามเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบต่อไป	2. ค้นหาแนวคิด การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อเสีย	2. ขั้นสร้างความสนใจ นำเข้าสู่การเรียนรู้โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ
3.ผู้เรียนการค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา ตรวจสอบ จากนั้นลงมือในการสำรวจค้นหา เช่น การทดลอง ปฏิบัติ การลงมือทำกิจกรรม เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง	3. การวางแผนและพัฒนาแก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินงานให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนา	3. ขั้นสำรวจค้นหา นักเรียนวางแผนลงมือปฏิบัติและการสร้างชิ้นงานโดยเน้นการบูรณาการค้นคว้าโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในการลงมือปฏิบัติในการค้นหาคำตอบ
4.นำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์และตีความสรุปผลและนำเสนอผลของการศึกษาในรูปแบบของ ตารางสรุป แผนภูมิ แผนผัง ผังมโนทัศน์ หรือการบรรยายสรุปความคิดรวบยอด	ต้นแบบของผลผลิต	4. ขั้นอธิบาย นำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์ ว่าในการออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมที่ได้มาทำการสรุปผลการศึกษาค้นคว้า ว่าได้นำความรู้ในด้านสะเต็มศึกษาไปใช้อย่างไร
	4.การทดสอบและประเมินผลเป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ไขปัญหาโดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาผลลัพธ์ในการแก้ไขปัญหา	

ตาราง 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	การจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา	การจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็ม ศึกษา
<p>5. ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยง โดยการนำความรู้ที่ได้นั้นมา เชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือ อาจจะเชื่อมโยงไปยังความรู้ อื่น ในการนำความรู้ไปต่อยอดในการสร้างสรรค์ผลงาน หรือนำองค์ความรู้ที่ได้ขยาย ข้อสงสัยที่ร่วมกันค้นหาแล้ว นั้นเกิดผลอย่างไร สรุปเพื่อ</p> <p>6. ครูจะทำการตรวจสอบผล ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ว่าผู้เรียนเมื่อได้ทำการค้นหา ข้อสงสัยที่ร่วมกันค้นหาแล้ว นั้นเกิดผลอย่างไร สรุปเพื่อ เป็นแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุง</p> <p>7. ครูจัดประสบการณ์ที่จะ ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ หรือนำความรู้ที่ ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันโดย ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับ สารการเรียนรู้อื่น อย่าง เหมาะสม</p>	<p>5. การนำเสนอผลลัพธ์ หลัง การพัฒนา ปรับปรุงทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหา หรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพ ตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหา ต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดย ออกแบบวิธีการนำเสนอ ข้อมูล ที่ เข้าใจง่าย และ น่าสนใจ</p>	<p>5. ชื่นชมขยายความรู้ สรุปผล ของการศึกษาค้นคว้า ให้ ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยง โดยการนำความรู้ เพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนาและนำ ความรู้ไปต่อยอด</p> <p>6. ชื่นประเมินผล ตรวจสอบ ผลงานนวัตกรรมที่ใช้แนวคิด สะเต็มศึกษา และตรวจสอบ ความรู้ว่านักเรียนการคิด เชื่อมโยงกับสะเต็มศึกษาได้</p> <p>7. ชื่นนำความรู้ไปใช้ ผู้เรียน นำความรู้ด้านการสร้าง ชิ้นงานโดยใช้แนวคิดสะเต็ม ศึกษาไปประยุกต์ใช้ หรือนำ ความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิต</p>

ผลการสังเคราะห์แนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการวิเคราะห์แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ ที่ได้ขั้นตอนในการนำไปบูรณาการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้อย่างนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นตอนแรกให้ครูตรวจสอบความรู้เดิม ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพที่นักเรียนสนใจ ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้ หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องซึ่งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ผู้เรียนมี ทำให้ครูได้ทราบว่ามีหลังของผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูผู้สอนสามารถวางแผนในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้และความต้องการของผู้เรียน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นในการนำเข้าสู่บทเรียนหรือสาระการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยผู้สอน อาจจะเชิญชวนผู้เรียนร่วมกันอภิปรายประเด็น เหตุการณ์หรือเรื่อง ที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นในขณะนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนเรียนรู้มาแล้ว โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการบูรณาการร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาโดย เมื่อครูผู้สอนได้กำหนดประเด็นปัญหา ที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้องของปัญหา แล้วครูให้ผู้เรียนจะทำการค้นหาข้อเท็จจริง โดยทำการวางแผนลงมือปฏิบัติ และการสร้างชิ้นงานโดยเน้นการบูรณาการสาระวิทยาศาสตร์ในคืบคว้า เช่น การเลือกใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในสาระวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ นำมาเป็นแนวคิดในการสร้างชิ้นงาน สาระเทคโนโลยีโดยผู้เรียนนำการใช้เทคโนโลยีมาใช้ในการลงมือปฏิบัติ เช่นการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการสืบค้นองค์ความรู้หรือการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่เหมาะสมมาใช้ในการสร้างชิ้นงาน สาระด้านวิศวกรรมศาสตร์เป็นการนำการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยการนำเอาแนวคิดการออกแบบและการสร้างชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการใช้องค์ความรู้ เช่น ในด้านการคำนวณ การวัด การชั่ง การตวง การประมาณค่า เป็นต้น ซึ่งในการสร้างชิ้นงานและลงมือปฏิบัตินั้นต้องใช้องค์ความรู้ทั้ง 4 สาระการเรียนรู้ในสร้างสรรค์ผลงานเพื่อให้ได้องค์ความรู้ จากการ 4 สาระวิชา โดยการทดลอง การทำกิจกรรม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลของคำตอบที่ถูกต้องและผลงานนวัตกรรม

4. **ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)** เมื่อผู้เรียนได้คำตอบที่ได้จากการค้นหา โดยการสืบค้น การทดลองและการสร้างชิ้นงานแล้วนั้น ผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์และตีความว่าในการออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมที่ได้มาทำการสรุปผลการศึกษาค้นคว้าว่าในผลงานนั้นได้นำองค์ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในชิ้นงาน ได้อย่างไรบ้าง ในการนี้อาจจะนำเสนอผลของการศึกษาในรูปแบบของ ตารางสรุป แผนภูมิ กราฟ รูปภาพ แผนผัง ผังมโนทัศน์ หรือการบรรยายสรุปความคิดรวบยอด

5. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)** หลังจากที่ผู้เรียนได้อธิบายสรุปผลของการศึกษาค้นคว้าประเด็นที่สงสัย ให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชื่อมโยงโดยการนำความรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่ได้นั้นมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรืออาจจะเชื่อมโยงไปยังความรู้อื่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและนำความรู้ไปต่อยอดในการสร้างสรรค์ผลงานต่อไป

6. **ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)** ขั้นการประเมินผลเป็นขั้นที่ครูจะทำการตรวจสอบผลงานนวัตกรรมที่ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และตรวจสอบความรู้ของผู้เรียน เมื่อได้ทำการค้นหาความรู้เกิดความเข้าใจอย่างไรและนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ สรุปความความรวบยอด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

7. **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)** ในขั้นตอนสุดท้ายครูมีหน้าที่ในการจัดประสบการณ์ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ด้านการสร้างชิ้นงานโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ หรือนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยครูมีหน้าที่ที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับสาระการเรียนรู้อื่นอย่างเหมาะสม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ขั้น บูรณาการร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้พหุสาขาเข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เน้นการบูรณาการช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาระการเรียนรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้า ผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้นตอน

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

นัสรินทร์ ปือชา (2558, น.175-176) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการการจับสลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

โสภา มั่นเรือง (2559, น.236). ได้เสนอการวิจัยเชิงทดลองเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ในการจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้การศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียน สุพรรณภูมิ 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้การศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษาโรงเรียนสุพรรณภูมิ 3) ศึกษาความพึงพอใจของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้การศึกษาแบบ STEM Education โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2558 โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้พัฒนาโดยผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีลักษณะเป็นแบบ ปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกมีทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้การศึกษาแบบ STEM Education มีค่าเท่ากับ 86.00/81.33 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าเฉลี่ย 4.43 อยู่ในระดับดี และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .56

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2550,น.132)ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 28 คน เครื่องมือในการวิจัยคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการศึกษาพบว่า 1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ 79.73/78.69 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Cox, Birdy, and Christian (2016,pp.220-231) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับการนำเอาคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาและความเข้าใจในทัศนชีววิทยาโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ถึงตอนปลาย โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้วิชาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้วิชาแบบปกติ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจในทัศนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Ceylen and Ozdilek (2015,pp.223-228)ได้ทำการศึกษากิจการจัดการเรียนรู้เรื่องกรดเบส โดยการนำการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) สำหรับการศึกษาศาสตร์ของตุรกี โดยทำการศึกษาผลของสื่อการเรียนการสอนที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มนำร่องก่อนที่จะมีการนำวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยทำการศึกษากลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนใช้ในการศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 12 คน โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM ซึ่งจัดขึ้นตามรูปแบบการเรียนรู้ 5E เพื่อใช้จัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีโดย หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้ วยการและสอดแทรกคำถามเดียวกันเมื่อได้ทำการ

ปรับโครงสร้างใหม่ ของการทดสอบแบบจัดอันดับด้วย Wilcoxon สำหรับตัวอย่างคู่การทดสอบแบบไม่อิงพารามิเตอร์และการทดสอบค้ำปาของโคเฮนถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

พิเชษฐ ศรีงามสังข์ (2561, น.145) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนผู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนที่ได้รับการทดลองรูปแบบดังกล่าว เกิดทักษะในการออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งได้ผลงานนวัตกรรม รวมทั้งยังนักเรียนเป็นผู้ที่มีทักษะการคิดแบบมีวิจารณญาณ

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560, น.114) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน โดยทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งดำเนินการทดลองตามรูปแบบ กลุ่มเดียววัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (The One-Group Pretest-Posttest Time-Series Research Design) ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการสร้างองค์ความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ และการนำเอาองค์ความรู้ทั้ง 4 สาระวิชาเข้ามาในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ และนอกจากนั้นยังช่วยส่งเสริมทักษะในการคิดนวัตกรรมและทักษะเชิงวิศวกรรม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง
2. การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
4. วิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดราชโอรส แขวงบางค้อ เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร จำนวน 14 ห้องเรียน รวม 544 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรส ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยผู้วิจัยทำการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยทำการสุ่มกลุ่มกลุ่มผู้เรียน จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยการใช้โปรแกรม G*Power และกำหนดค่าขนาดอิทธิพลอ้างอิงจากงานวิจัยของ พิเชฐ ศรีสังข์งาม (2558, น.140) ที่ระดับขนาดอิทธิพล 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และระบุนำอำนาจการทดสอบที่ .95 ซึ่งได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 28 คน ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มจำนวนตัวอย่างอีก 10% เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลและความต่อเนื่องของการทดลอง รวมทั้งหมด 30 คน การกำหนดค่าขนาดอิทธิพลและขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 3

ตาราง 3 ค่าขนาดอิทธิพลและขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาทางวิจัย

ที่	ผู้วิจัย	ชื่อวิจัย	ปีที่พิมพ์	ระดับขนาดอิทธิพล	ระดับนัยสำคัญ	อำนาจการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
1.	พิเชษฐ ศรีสังข์งาม	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับกิจกรรมทางวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	2561	0.50	0.05	0.95	28
2.	เกียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง	ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	2560	0.91	0.01	0.95	16
3.	นภาพกรณ์ เพียงดวงใจ	การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการทำโครงการเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	2558	0.97	0.05	0.95	10

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกระทรวงศึกษาธิการ ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ดังนี้

- 1) การเคลื่อนที่
- 2) แรงลัพธ์
- 3) แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
- 4) แรงพยุ่ง
- 5) แรงเสียดทาน
- 6) ความดันของเหลว

ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาในการทดลองและเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น บูรณาการร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้งหมด 18 คาบเรียน ระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียนคาบเรียนละ 50 นาที ทั้งหมด 18 คาบเรียน

2. การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- 2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
- 2.2 แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม
- 2.3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

แบบวัดความสามารถในการคิดนวัตกรรมผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมจำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 7 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดจำนวน 50 นาที ต่อฉบับ จำนวนทั้งหมด 3 ฉบับ สำหรับวัดในแต่ละครั้ง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมตามขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดนวัตกรรม ชนิดเติมคำตอบแบบอัตนัย ตอบแบบอิสระ

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมเป็นแบบวัดสถานการณ์ แบบเติมคำตอบแบบอัตนัย จำนวน 14 ข้อคำถาม ต่อสถานการณ์ จำนวน 3 ฉบับ โดยให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการประเมิน ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านความเป็นนวัตกรรม
- 2) ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม
- 3) คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม

3) ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมที่สร้างขึ้นเสนอต่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4) ผู้วิจัยสร้างแบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิธีดำเนินการสร้างแบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

2. พิจารณาพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมเพื่อกำหนดข้อมูลในการทำแบบตรวจสอบความสอดคล้อง

3. ผู้วิจัยกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแบบตรวจสอบความสอดคล้อง โดยใช้ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบวัดสถานการณ์ชนิดเขียนตอบแบบบรรยายคำตอบ มีจำนวน 2 สถานการณ์ ข้อคำถาม ทั้งหมด 14 ข้อคำถาม จำแนกตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

4. สร้างเกณฑ์แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่
ต้องการวัด

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่
ต้องการวัด

1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่
ต้องการวัด

5. นำแบบตรวจสอบความเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการวัดผลและวิจัย จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
จำนวน 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข

5) ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
โดยผู้เชี่ยวชาญ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมต้องมีความสอดคล้องสามารถวัดได้
ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด คือต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective
Consistency: IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะสามารถนำไปใช้ได้ในการวัดความสามารถในการคิด
เชิงนวัตกรรมได้ ผลจากประเมินดัชนีความสอดคล้องของเชิงเนื้อหาของแบบวัด ผลปรากฏว่าทุก
ข้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 จากนั้นทำ
การปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความสอดคล้องและ
ความเหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้ ทั้ง 3 ฉบับ ดังภาคผนวก ค

6) ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมทดสอบกับกลุ่มนำร่อง
ที่ไม่ใช่ นักเรียนตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังเรียนรายวิชา
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดราชโอรส ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน จากนั้นนำแบบวัด
ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ทั้ง 3 ฉบับ มาทำการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p)
ค่าอำนาจจำแนก (r) และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา
ของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) โดยค่าผลการวิเคราะห์ต้องผ่านเกณฑ์ โดยมี
เกณฑ์ ดังนี้

ค่าความยากง่าย (p) ต้องมีค่าระหว่าง 0.2 - 0.8

ค่าอำนาจจำแนก (r) ต้องมีค่าระหว่าง 0.2 ขึ้นไป

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่ามากกว่า 0.8

หลังจากทำการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ทั้ง 3 ฉบับ ฉบับละ 2 สถานการณ์ 14 ข้อคำถาม จากนั้นทำการคัดเลือก จำนวน 10 คำถาม นำไปใช้จริงกับนักเรียนตัวอย่าง ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถ ในการคิดเชิงนวัตกรรม ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

ฉบับที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability)
1	0.40 - 0.68	0.40 - 0.88	0.80
2	0.42 - 0.65	0.40 - 0.83	0.83
3	0.40 - 0.67	0.43 - 0.83	0.81

7) ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ทั้งหมด 3 ชุด ที่ผ่านการคัดเลือก จากการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ที่ผ่านเกณฑ์ในการหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ชุดละ 10 ข้อคำถาม เพื่อใช้เป็นแบบวัดความสามารถในการคิดเชิง นวัตกรรม สำหรับนำไปทดลองใช้จริงกับตัวอย่างการวิจัย ทั้งหมด 3 ครั้งในการวัดซ้ำ

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

สถานการณ์ที่ 1 น้ำท่วมบ้านลืซ่า

ลืซ่าอาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และในช่วงน้ำหลากซึ่งมักจะเกิดปัญหาน้ำท่วมขัง มักเกิดปัญหาขาดแคลน อาหาร น้ำดื่ม รวมทั้งยารักษาโรค นอกจากนี้ยังมีการตัดไฟฟ้าเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร คืบหนึ่งลืซ่าเกิดอาการปวดท้อง ซึ่งการที่จะช่วยบรรเทาอาการปวดท้องต้องใช้ถุงประคบร้อน หากนักเรียนเป็นลืซ่านักเรียนจะมีวิธีแก้ไขปัญหานี้อย่างไร โดยกำหนดให้นักเรียนออกแบบ ถุงประคบร้อน เองขึ้นกำหนดให้ ถุงประคบต้องสามารถทนความร้อนได้ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

สารเคมี

1. น้ำยาล้างห้องน้ำ
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
3. โซดาไฟ
4. น้ำส้มสายชู
5. ด่างทับทิม

วัสดุ

1. ผ้าฝ้าย
2. ลูกโป่ง
3. ถุงพลาสติก
4. ถุงซีป
5. ผ้าขาวบาง
6. ถุงมือยาง
7. หน้ากากอนามัย

1. ให้นักเรียนออกแบบวงประคบร้อนโดยวาดภาพร่าง พร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
นักเรียนสามารถวาดภาพออกแบบโครงร่างวงประคบร้อน พร้อมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างผลงานนวัตกรรมอย่างครบถ้วน	นักเรียนสามารถวาดภาพออกแบบโครงร่างวงประคบร้อน แต่ไม่สามารถระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงประคบร้อนได้ หรือ ไม่สามารถวาดโครงร่างวงประคบร้อนได้ แต่สามารถระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงประคบร้อนได้	นักเรียนไม่สามารถวาดภาพโครงร่างผลงานหรือระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงประคบร้อนได้

2. จากคำถามข้อ 1. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในการออกแบบถุประคบน้ำร้อนโดยใช้ความรู้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรม

.....
เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างถุประคบน้ำร้อนโดยใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมได้ เช่น ถุประคบน้ำร้อนที่สร้างจากถุซีปเพื่อเป็นการรักษาความร้อน โดยอาศัยหลักการเรื่องการดูดและคายความร้อน	อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างถุประคบน้ำร้อนแต่ไม่ได้ใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมได้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างถุประคบน้ำร้อนโดยใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมได้

3. จากคำถามข้อ 1. ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนในการสร้างถุประคบน้ำร้อน

.....
เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
สามารถอธิบายขั้นตอนในการสร้างถุประคบน้ำร้อนอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่นักเรียนออกแบบ	สามารถอธิบายขั้นตอนในการสร้างถุประคบน้ำร้อนอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่นักเรียนออกแบบเพียงบางส่วน	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการสร้างถุประคบน้ำร้อนได้

4. ให้นักเรียนระบุผลงานนวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
สามารถระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรมอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่ออกแบบ	สามารถระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรมบางส่วน	ไม่สามารถระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรม

5. ให้นักเรียนอธิบายว่าผลงานที่นักเรียนออกแบบมีความเป็นนวัตกรรมอย่างไร

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
อธิบายได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ นวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรมมีความน่าสนใจ	อธิบายได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ หรือนวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ หรือนวัตกรรมมีความน่าสนใจ	ไม่สามารถอธิบายได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ หรือนวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ หรือนวัตกรรมมีความน่าสนใจ

2.2 แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม จำนวน 3 ด้าน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้าง ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม โดยประเมินจากการสังเกตในการสร้างผลงานนวัตกรรม ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการประเมิน ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความเป็นนวัตกรรม จำนวน 3 ตัวบ่งชี้
2. ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม จำนวน 4 ตัวบ่งชี้
3. คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม จำนวน 4 ตัวบ่งชี้

โดยผู้วิจัยปรับปรุงเกณฑ์การประเมินจาก เนาวนิตย์ สงคราม (2556.น.135) เพื่อให้สอดคล้องเหมาะสมกับสภาพการจัดการเรียนรู้ของตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

2) ผู้วิจัยทำการกำหนดเกณฑ์การประเมินของแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ได้แก่

3	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
2	คะแนน	หมายถึง	ดี
1	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
0	คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

ในการนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับเทียบเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของการวัดและประเมินผลของ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2554, 80-83น.)

ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

คะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม
25 - 33	ดีเยี่ยม
17 - 24	ดี
9 - 16	ผ่าน
0 - 8	ควรปรับปรุง

3) นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ที่สร้างขึ้นเสนอต่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข

4) ผู้วิจัยทำการสร้างแบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินผลงานนวัตกรรม

2. พิจารณาพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินผลงานนวัตกรรม เพื่อกำหนดข้อมูลในการทำแบบตรวจสอบความสอดคล้อง

3. ผู้วิจัยกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแบบตรวจสอบความสอดคล้อง โดยใช้ข้อมูลจากแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง จำนวน 3 ด้าน ทั้ง 11 รายการ ประเมิน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ดังภาคผนวก ข)

4. ผู้วิจัยทำสร้างเกณฑ์แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

5. นำแบบตรวจสอบความสอดคล้องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและวิจัย จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องรับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข

5) ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ต้องมีความสอดคล้องสามารถวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด คือต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง

(Index of Item-Objective Consistency: IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทุกข้อ ผลจากประเมินดัชนีความสอดคล้องของเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน ผลปรากฏว่าทุกข้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 จากนั้นทำการปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความสอดคล้องและความเหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้ ดังภาคผนวก ค

6) ผู้วิจัยนำแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรส ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จนได้ผลงานนวัตกรรมที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำผลงานมาให้ผู้ประเมินทั้งสิ้น 3 คน เป็นผู้ประเมิน

7) ผู้วิจัยนำแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมไปทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง และผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) กับนักเรียนกลุ่มนำร่อง ซึ่งค่า RAI ที่ได้ มีค่าเท่ากับ 0.79 แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความเห็นสอดคล้องกันมาก ตามวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบหลายผู้ประเมิน นักเรียนหลายคนและหลายตัวบ่งชี้ในการประเมิน อ้างอิงจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องจาก สุรชัย มีชาญ (2547, น.124-125) จากนั้นนำแบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม สามารถนำไปทดลองใช้จริงกับตัวอย่างวิจัย ดังภาคผนวก ค

ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมิน แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	3 คะแนน (ดีมาก)	2 คะแนน (ดี)	1 คะแนน (พอใช้)	0 คะแนน (ปรับปรุง)
ด้านที่ 1 ความเป็นนวัตกรรม				
1. ผลงานเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่	ผลงานมีความแปลกใหม่ แสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์และมีประโยชน์ มีความน่าสนใจ	ผลงานมีความแปลกใหม่แสดง ให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ และมีประโยชน์แต่ไม่มีความ น่าสนใจ	ผลงานมีส่วนคล้ายคลึงกับ ผลงานของผู้อื่น ไม่มีความแปลกใหม่	ผลงานไม่มีความเป็น นวัตกรรม หรือคัดลอก ผลงานผู้อื่น
2. ผลงานใช้วิธีการใหม่	ผลงานมีการแสดงให้เห็นถึง แนวทางหรือวิธีการใหม่ ใน การสร้างผลงานนวัตกรรมไม่ ซ้ำซ้อนกับผลงานผู้อื่น หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น	ผลงานมีการแสดงให้เห็นถึง แนวทางหรือวิธีการใหม่ ในการ สร้างผลงานนวัตกรรม แต่มี บางส่วนของผลงานซ้ำซ้อน หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น	ผลงานไม่มีการแสดงให้ เห็นถึงแนวทางหรือวิธีการ ใหม่ ในการสร้างผลงาน นวัตกรรม ไม่มีการคัดลอก ผลงานผู้อื่น	ผลงานมีการแสดงให้ เห็นแนวทางหรือวิธีการใหม่ และมีการทำผลงาน ซ้ำซ้อน หรือคัดลอกผลงาน ผู้อื่น
3. การสร้างสรรค์ ผลงาน	ผลงานทั้งหมดยังมีการแสดงให้ เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์มากที่สุด	ผลงานบางส่วนมีการแสดงให้ เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานบางส่วนมีการแสดง ให้เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานไม่มีการแสดงให้ เห็นถึงแนวคิดกระบวนการ ที่มีความคิดสร้างสรรค์ หรือแปลกใหม่

2.3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 6 แผนจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ วิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้ามานุกรณาการในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งจะนำแนวคิดของสะเต็มศึกษาเข้ามาช่วยในขั้นของการสืบค้นหาองค์ความรู้ โดยทำการวางแผนการตรวจสอบที่เน้นการบูรณาการสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ในการนำแนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการทดลอง เทคโนโลยีในการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการสืบค้น ใช้หลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบ และคณิตศาสตร์ในการคำนวณต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้ตรรกะและตัวเลข จากนั้นลงมือในการสำรวจค้นหา จากการสืบค้นสารสนเทศ 4 สาระวิชา โดยการทดลอง การทำกิจกรรม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลของคำตอบที่ถูกต้อง และผลงานนวัตกรรม เป็นชิ้นงาน

โดยกำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกระทรวงศึกษาธิการ ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง การเคลื่อนที่ และแรง ดังนี้

- 1) การเคลื่อนที่
- 2) แรงลัพธ์
- 3) แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
- 4) แรงพยุง
- 5) แรงเสียดทาน
- 6) ความดันของเหลว

2) ผู้วิจัยกำหนดเวลาเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งหมด 18 คาบเรียน ดังนี้

กิจกรรมที่ 1	รถแข่งพลังลูกโป่ง	3	คาบเรียน
กิจกรรมที่ 2	หอคอย	3	คาบเรียน
กิจกรรมที่ 3	พื้นเอียง	3	คาบเรียน
กิจกรรมที่ 4	จมน้ำหรือลอย	3	คาบเรียน
กิจกรรมที่ 5	hydraulic arm	3	คาบเรียน
กิจกรรมที่ 6	สะพานแขวน	3	คาบเรียน

3) นำแบบตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รับฟังคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข

โดยการประเมินประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความเหมาะสมโดยการประเมินโดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละประเด็นการประเมินกำหนดคะแนนความเหมาะสม ดังนี้

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

การแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์การประเมินจากการหาค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 - 5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	เหมาะสมมาก
2.51 - 3.50	เหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50	เหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50	เหมาะสมน้อยที่สุด

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและวิจัย จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน เพื่อทำการประเมินความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม รับฟังคำแนะนำ ข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไข

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ทำการเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและวิจัย จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน นำมาวิเคราะห์ผลการประเมินความเหมาะสม ในการจัดการเรียนรู้ ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับกลุ่มนำร่อง ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยแต่ละรายการประเมินมีค่าระหว่าง 4.00 – 5.00 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากขึ้นไป ดังภาคผนวก ค

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้งหมดที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มนำร่อง ที่ไม่ใช่ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรส ปีการศึกษา 2563 จำนวนทั้งสิ้น 30 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องด้านเนื้อหา กิจกรรม ระยะเวลา และความเหมาะสมด้านอื่น ๆ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่พบเจอระหว่างจัดกิจกรรม จากนั้นนำไปปรับปรุงแก้ไขก่อนจะนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนตัวอย่างในการวิจัย (ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังภาคผนวก ข)

3. การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยประยุกต์แบบแผนวิจัยตามแบบการทดลองแบบวิจัยกลุ่มเดียวที่มีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (one group pretest- posttest Time series Design) และแบบแผนการทดลองแบบวิจัยกลุ่มเดียวที่มีการวัดซ้ำ (one group Repeated Measured Design) ดังตาราง 7 และ ตาราง 8

ตาราง 7 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา

กลุ่ม	สอบ	ทดลอง	สอบ	ทดลอง	สอบ
E	Obs ₁	X	Obs ₂	X	Obs ₃

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
X	แทน	การจัดกระทำ(treatment) ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
Obs ₁	แทน	วัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมก่อนเรียน
Obs ₂	แทน	วัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมระหว่างเรียน
Obs ₃	แทน	วัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียน

ตาราง 8 แบบแผนการทดลองแบบวิจัยกลุ่มเดียวที่มีการวัดซ้ำ

กลุ่ม	ทดลอง	สอบ	ทดลอง	สอบ
E	X	Obs ₁	X	Obs ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
X	แทน	การจัดกระทำ(treatment) ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
Obs ₁	แทน	ประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมระหว่างเรียน
Obs ₂	แทน	ประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมหลังเรียน

3.2 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการดำเนินการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนวัดราชโอรส จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์การวิจัย ระยะเวลา การได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา การทดสอบความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม และการวัดความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เพื่อพิทักษ์สิทธิของตัวอย่างในการวิจัย ให้นักเรียนตัวอย่างได้ปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง และรับทราบข้อตกลงตามเอกสารชี้แจงการขอจริยธรรมในมนุษย์ ที่ผ่านการรับรองจริยธรรมในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ หมายเลขที่รับการอนุมัติวิจัย เลขที่ SWUEC-G- 207/2562E
3. ดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม โดยทำการทดสอบก่อนเรียน จำนวน 1 คาบเรียน
4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 9 คาบเรียน
5. ดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมระหว่างเรียน และประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม จำนวน 2 คาบเรียน
6. ดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 9 คาบเรียน
7. ดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมระหว่างเรียน และประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม จำนวน 2 คาบเรียน
8. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมและประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มาวิเคราะห์ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมและคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. ทำการทดสอบความต่างของคะแนนวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียน ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ(repeated measure ANOVA)

3. ทำการทดสอบความต่างของคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยการทดสอบที (t-test for Dependent Sample)

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการในการแปลความหมายและวิเคราะห์ผลของข้อมูลที่ได้จากการทดลองผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	จำนวนตัวอย่าง
k	แทน	จำนวนข้อ
M	แทน	คะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลและค่าเฉลี่ย(Sum of square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสอง(Mean Square)
t	แทน	ค่าที่ใช้ในการพิจารณา t- distribution
F	แทน	ค่าที่ใช้ในการพิจารณา F- distribution
p	แทน	ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบ
df	แทน	ค่าองศาอิสระ (Degree of freedom)
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
Max	แทน	คะแนนสูงสุด
Min	แทน	คะแนนต่ำสุด
Partial η^2	แทน	ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size หรือ f)
Cohen's d	แทน	ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size)
Hedges' g	แทน	ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

1.2 ข้อมูลพื้นฐานของคะแนนการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียน และหลังเรียน

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2.1 ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA)

2.2 ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน(t-test for Dependent Sample)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

ข้อมูลพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

ตาราง 9 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม และคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

ตัวแปร	คะแนนเต็ม	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม							
ก่อนเรียน	20	6.00	12.00	9.00	1.46	-.07	-.65
ระหว่างเรียน	20	8.00	15.00	12.10	1.90	-.02	-1.06
หลังเรียน	20	10.00	18.00	15.53	2.06	-.15	-.62
ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม							
ระหว่างเรียน	33	14.00	24.00	17.54	2.50	.78	-.04
หลังเรียน	33	14.67	24.67	19.55	2.22	.16	.11

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน จำนวน 30 คน พบว่าคะแนน ก่อนเรียน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 12 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 6 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 คะแนน และคะแนนระหว่างเรียนของนักเรียนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 8 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.10 คะแนน คะแนนหลังเรียนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 18 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 10 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.53 คะแนน

เมื่อการตรวจสอบความเป็นโค้งปกติ(Normal Distribution)ของข้อมูลพบว่าคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียนมีการแจกแจงคะแนนปกติ ค่าความเบ้เท่ากับ -.07 และ ค่าความโด่งเท่ากับ -.65 พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ คะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนระหว่างเรียนมีการแจกแจงคะแนนปกติ ค่าความเบ้ เท่ากับ -.02 และ ค่าความโด่งเท่ากับ -1.06 พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนหลังเรียนมีการแจกแจงคะแนนปกติ ค่าความเบ้ เท่ากับ -.15 และ ค่าความโด่งเท่ากับ -.62 พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

เมื่อพิจารณาคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียน ระหว่างเรียน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 24 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 14 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.54 คะแนน และคะแนนประเมินผลงานนวัตกรรมของนักเรียนหลังเรียน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.67 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 14.67 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.55 คะแนน

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2.1 ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA)

ตาราง 10 ผลการตรวจสอบเงื่อนไข Sphericity ความสัมพันธ์ในการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	p	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-Bound
time	.745	8.258	2	.016	.797	.835	.500

จากตารางที่ 10 พบว่าจากการตรวจสอบคุณสมบัติตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA) ในเรื่องระดับความสัมพันธ์ของการวัดซ้ำว่าในแต่ละครั้งของการทดสอบว่ามีระดับความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งเท่ากันหรือไม่ จากผลการตรวจสอบพบว่า ความแปรปรวนมีลักษณะไม่เป็น compound symmetry หมายถึงความแปรปรวนในระหว่างการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมในการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แตกต่างกัน (Mauchly's W = .745 และ p-value = .016) ดังนั้นผู้วิจัยพิจารณาค่า Epsilon ของ Greenhouse-Geisser เพื่อปรับแก้ค่าแทน โดยมีค่าเท่ากับ 0.797

ตาราง 11 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมในการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

	source	SS	df	MS	F	p
intercept	Sphericity Assumed	461.489	2	230.744	216.401	.000
	Greenhouse-Geisser	461.489	1.593	289.681	216.401	.000
	Huynh-Feldt	461.489	1.671	276.200	216.401	.000
	Lower-Bound	461.489	1.000	461.489	216.401	.000
Error	Sphericity Assumed	61.844	58	1.066		
	Greenhouse-Geisser	61.844	46.200	1.339		
	Huynh-Feldt	61.844	48.455	1.276		
	Lower-Bound	61.844	29.000	2.133		

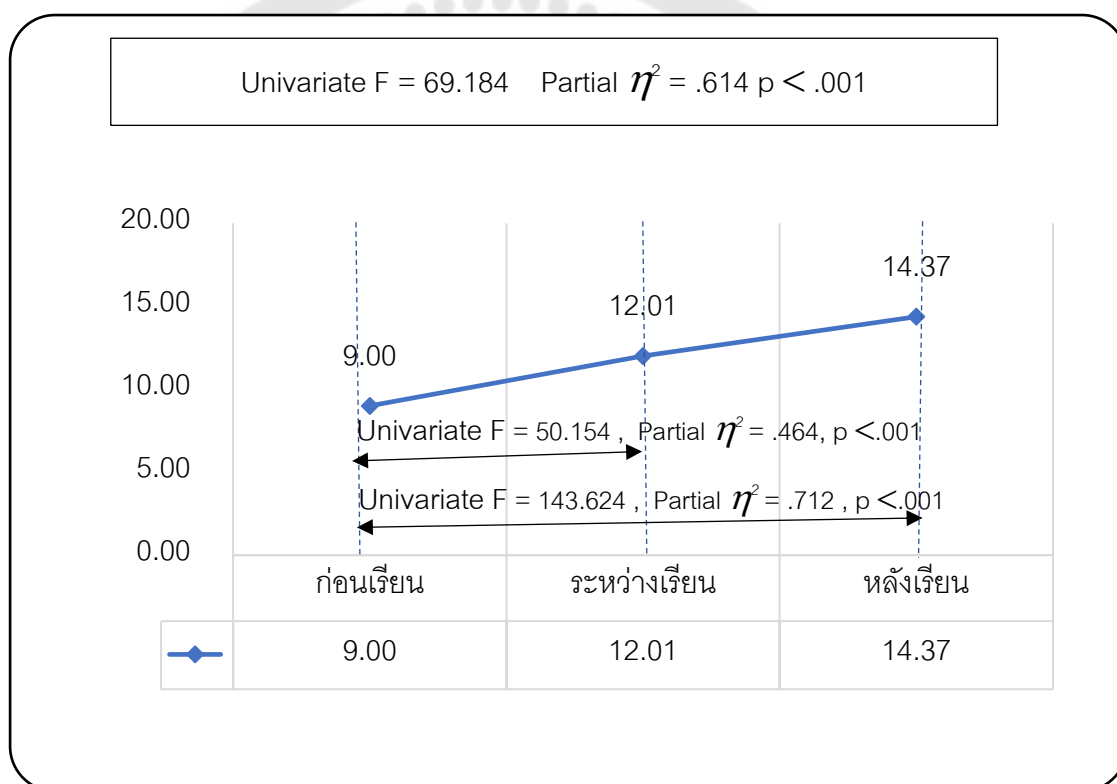
จากตารางที่ 11 พบว่าจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นด้วย Mauchly's test of Sphericity ไม่เป็น compound symmetry ในการเลือกผลอ่านการตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมในการวัดซ้ำ 3 ครั้ง จึงใช้วิธีการคำนวณปรับแก้ซึ่งอ่านค่าการวิเคราะห์จากการวัดซ้ำ Greenhouse-Geisser พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ (ค่า F = 216.401 และ ค่า p-value = .000)

ตาราง 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

ความสามารถในการคิด	ก่อนเรียน	ระหว่างเรียน	หลังเรียน
เชิงนวัตกรรม	(9.00)	(12.10)	(14.53)
ก่อนเรียน (9.00)		3.10*	5.53*
ระหว่างเรียน (12.10)			2.43*
หลังเรียน (14.53)			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

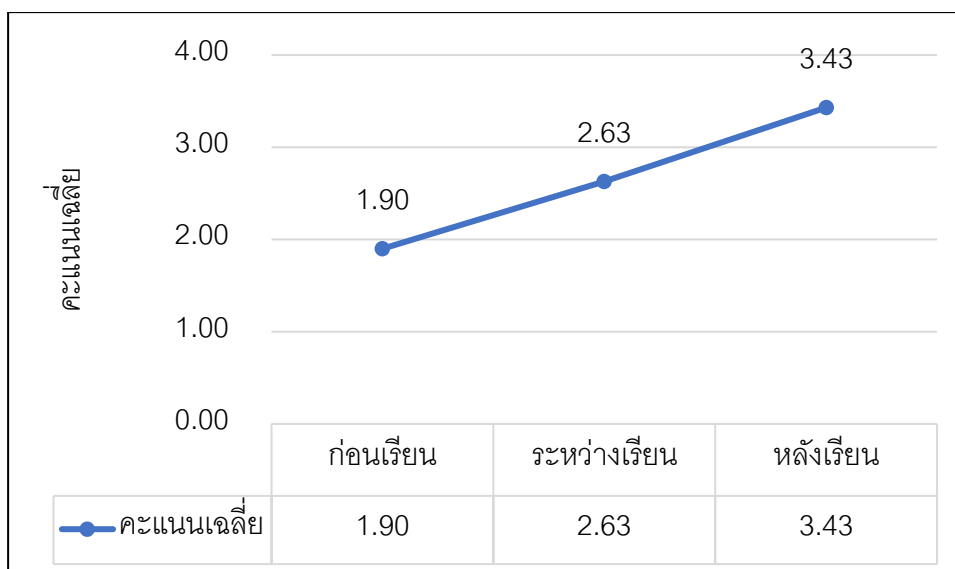
จากตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการ Bonferroni Method พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 2 พัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

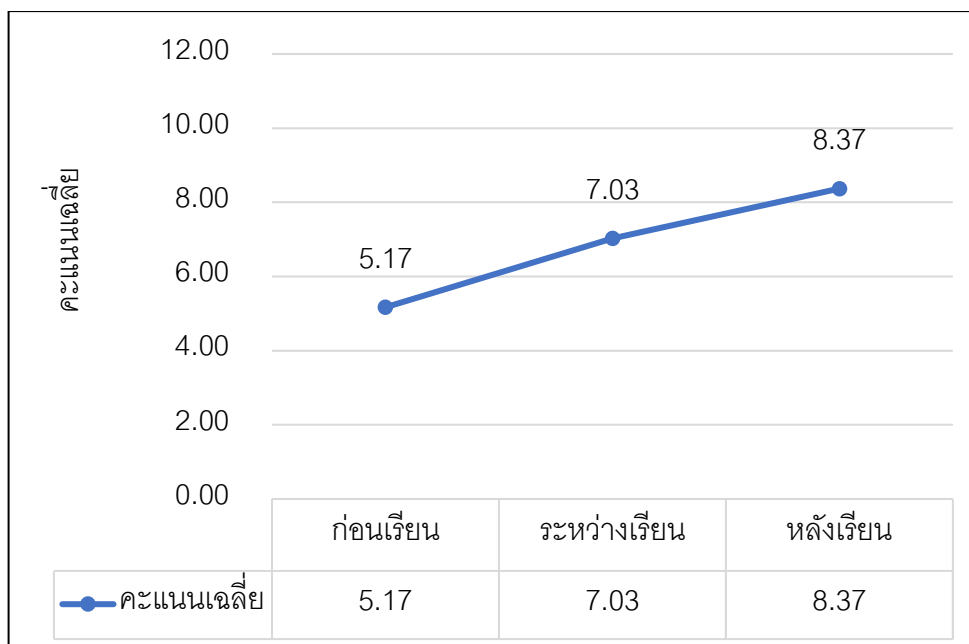
จากภาพประกอบ 2 เมื่อพิจารณาแนวโน้มของพัฒนาการผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีพัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรม พบว่ามีขนาดอิทธิพลในระดับมาก Partial $\eta^2 = .614$ (F = 69.184, p < .001) เมื่อพิจารณาพัฒนาการของการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ก่อนเรียนและระหว่างเรียนพบว่า มีขนาดอิทธิพล

ระดับปานกลาง Partial $\eta^2 = .464$ ($F = 50.154$, $p < .001$) และเมื่อพิจารณาพัฒนาการของการวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า มีขนาดอิทธิพลระดับมาก Partial $\eta^2 = .712$ ($F = 143.624$, $p < .001$) โดยพิจารณาเกณฑ์การแปลความหมายค่าขนาดอิทธิพลจาก สูพัทธ์น์ สูกมลสันต์ (2553, น.33) อ้างถึงใน Cohen (1988)



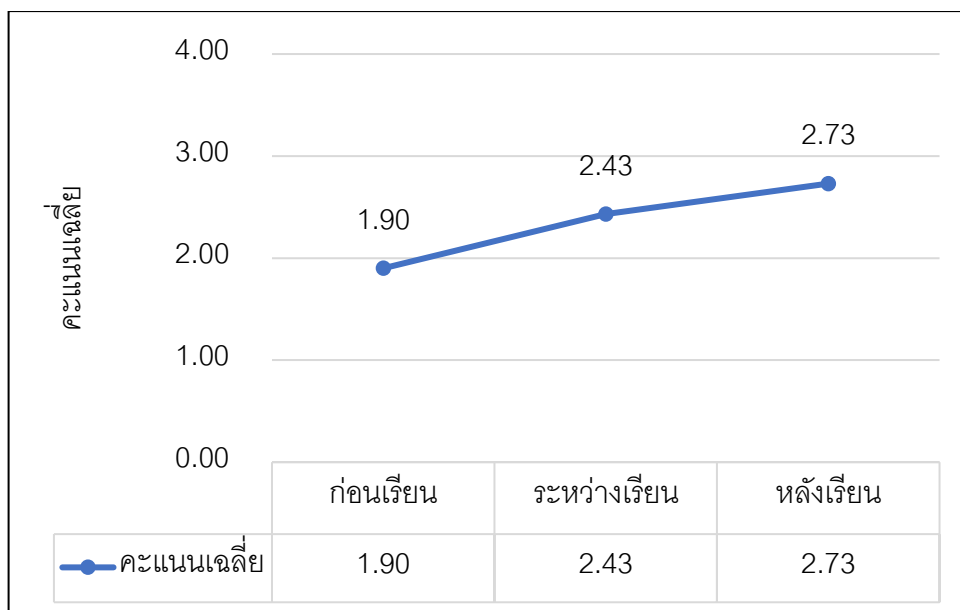
ภาพประกอบ 3 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านความเป็นนวัตกรรม

จากภาพ ประกอบ 3 เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นำมาเขียนเป็นกราฟเส้นแสดงแนวโน้มของพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนด้าน ด้านความเป็นนวัตกรรม พบว่า นักเรียนคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ด้านความเป็นนวัตกรรม ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เท่ากับ 1.90, 2.63, 3.43 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66, 0.72, 0.73 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

จากภาพประกอบ 4 เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นำมาเขียนเป็นกราฟเส้นแสดงแนวโน้มของพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนด้าน กระบวนการพัฒนานวัตกรรม พบว่า นักเรียนคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม กระบวนการพัฒนานวัตกรรมก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เท่ากับ 5.17, 7.03, 8.37 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.12, 1.10, 1.54 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 5 พัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมด้านคุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม

จากภาพประกอบ 5 เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นำมาเขียนเป็นกราฟเส้นแสดงแนวโน้มของพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนด้าน คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรม พบว่า นักเรียนคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม คุณค่าและประโยชน์ของนวัตกรรมก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เท่ากับ 1.90, 2.43, 2.73 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48, 0.82, 0.94 ตามลำดับ

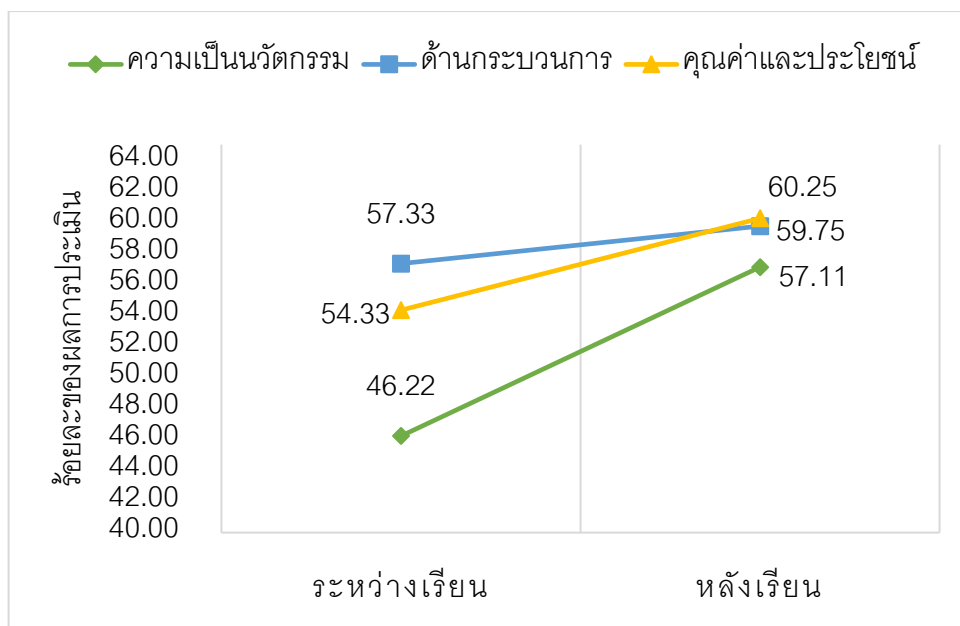
2.2 ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for Dependent Sample)

ตาราง 13 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียน และหลังเรียน (n=30)

องค์ประกอบ	คะแนน	M	SD	t	p	
ด้าน ความเป็นนวัตกรรม	ระหว่างเรียน	9	4.16	.88	9.283*	.000
	หลังเรียน	9	5.14	.77		
ด้านกระบวนการ พัฒนานวัตกรรม	ระหว่างเรียน	12	6.88	1.11	4.637*	.000
	หลังเรียน	12	7.17	.1.12		
ด้านคุณค่าและการใช้ ประโยชน์	ระหว่างเรียน	12	6.52	1.10	5.189*	.000
	หลังเรียน	12	7.23	.78		
รวม	ระหว่างเรียน	33	17.54	2.50	8.366*	.000
	หลังเรียน	33	19.55	2.22		

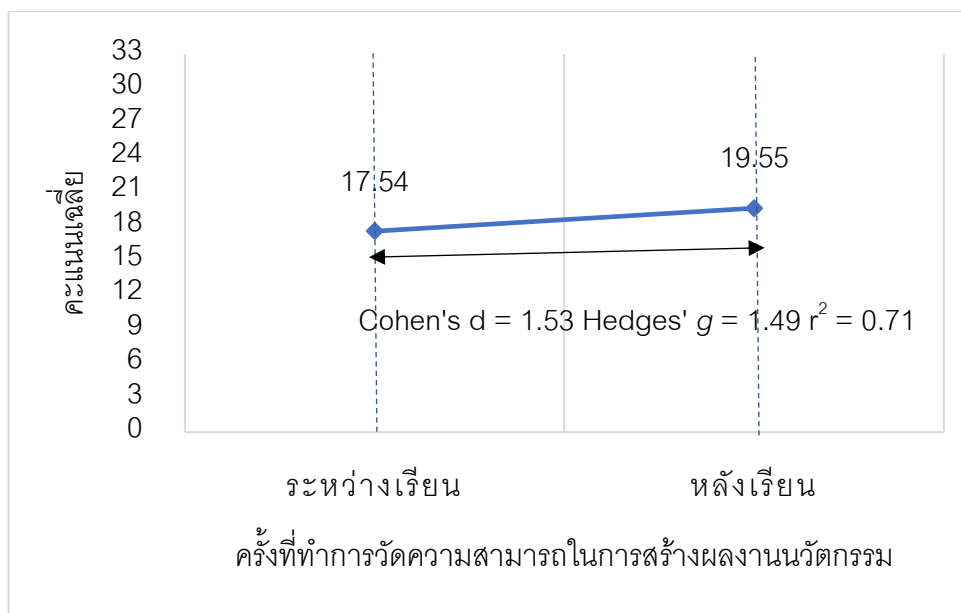
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 พบว่าผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ด้านความเป็นนวัตกรรมระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.14 ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม ระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.88 และหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 ด้านคุณค่าและการใช้ประโยชน์ระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.52 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.23 และวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการพบว่า ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 6 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

จากภาพประกอบ 6 เมื่อพิจารณาการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นำมาเขียนเป็นกราฟเส้นของการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม พบว่านักเรียนร้อยละความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ระหว่างเรียน หลังเรียน แยกรายด้านดังนี้ ด้านความเป็นนวัตกรรม มีค่าเท่ากับ 46.22 และ 57.11 ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม มีค่าเท่ากับ 57.33 และ 59.75 และด้านคุณค่าและการใช้ประโยชน์ มีค่าเท่ากับ 54.33 และ 60.25 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 7 แนวโน้มพัฒนาการความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

เมื่อพิจารณาแนวโน้มพัฒนาการความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม พบว่ามีค่าเฉลี่ยระหว่างเรียนเท่ากับ 17.54 และหลังเรียนเท่ากับ 19.55 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก Cohen's $d = 1.53$ Hedges' $g = 1.49$ $r^2 = 0.71$ เกณฑ์การแปลความหมายจาก สุพัฒน์ สุขมลสันต์ (2553, 33น.) อ้างถึงใน Cohen (1988) ดังภาพประกอบ 7

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างเรียน และหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมจากการวัดซ้ำก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนแตกต่างกัน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมสูงกว่าระหว่างเรียน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดราชโอรสภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยผู้วิจัยทำการสุ่มแบบกลุ่ม โดยทำการสุ่มกลุ่มผู้เรียนจำนวน 1 ห้องเรียน โดยการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยการใช้โปรแกรม G*Power และกำหนดค่าขนาดอิทธิพลอ้างอิงจากงานวิจัยของ พิเชฐ ศรีสังข์งาม (2558,น.140) ที่ระดับขนาดอิทธิพล 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และระบุอำนาจการทดสอบที่ .95 ซึ่งได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 28 คน ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มจำนวนตัวอย่างอีก 10% เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลและความสะดวกของการทดลอง รวมทั้งหมด 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- 1) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
- 2) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม
- 3) แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถิติที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบความต่างของคะแนนวัดการความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียน ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ วัดซ้ำ (repeated measure ANOVA)

2. ทำการทดสอบความต่างของความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบที (t-test for Dependent Sample)

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่า ระหว่างเรียน และ ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม เมื่อพิจารณาจากพัฒนาการในการคิดเชิงนวัตกรรมจากการวัดซ้ำมีขนาดอิทธิพลในระดับมาก Partial $\eta^2 = .614$

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าระหว่างเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม เมื่อพิจารณาจากพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรมจากการเปรียบเทียบหลังเรียนกับก่อนเรียนมีขนาดอิทธิพลในระดับมาก Cohen's $d = 1.53$ Hedges' $g = 1.49$ $r^2 = 0.71$

อภิปรายผล

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการคิดนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่า ระหว่างเรียน และ ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าระหว่างเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อันเนื่องมาจาก ผู้วิจัยขออภิปรายแบ่งเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1) ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ของนักเรียนนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเกิดกระบวนการคิดค้นของผู้เรียนที่แสดงออกถึงกระบวนการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เพื่อนำมาแก้ไข ปัญหาที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลการทำซ้ำ ที่เกิดจากการค้นหาวิธีการหรือแนวทางใหม่พัฒนา ดัดแปลงให้เกิดความแปลกใหม่ที่ทันสมัย เพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตหรือจัดทำสิ่งใหม่ๆ ที่เกิด ประโยชน์ต่อตนเองและสังคมที่เกิดจากการคิดค้นอย่างสร้างสรรค์ จนได้เป็นชิ้นงานใหม่ที่ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น และในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาให้ผู้เรียนเกิด ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม โดยการให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดเชิงนวัตกรรมผ่านการ ออกแบบแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนให้ได้ แสดงออกถึงการคิดเชิงนวัตกรรมที่ได้เป็นผลงานนวัตกรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชีร์วรา ชีร์พงษ์ (2563) และเนาวนิตย์ สงคราม (2556) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้าง นวัตกรรมนั้น มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการสร้างนวัตกรรม เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็น ความคิดของมนุษย์ที่เกิดจากการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ จากการเชื่อมโยงสัมพันธ์ประสบการณ์เดิมของ ตนเองกับประสบการณ์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถสร้างสรรค์ผลงานใหม่ออกมาได้ ซึ่ง กระบวนการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้น เกิดจากการกระตุ้นฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ เกิดกระบวนการคิดสร้างสรรค์งานอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการค้นคว้าหาคำตอบที่ต้องการ แก้ไข

ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจะพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น นักเรียนจะมีความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหาจนสามารถพัฒนาแนวคิดของตนเองจนได้เป็นผลงานนวัตกรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ประสาท เถื่องเฉลิม (2560, น.11-16) ระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มคือเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง เพื่อให้ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมวิเคราะห์ปัญหา และสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น.54) อธิบายแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบบูรณาการและสร้างผลงานนวัตกรรมของนักเรียนเป็นการเชื่อมโยงความรู้และเพิ่มทักษะในการคิดขั้นสูงเพื่อให้เกิดเป็นผลงานนวัตกรรมใหม่ได้ และ Michael West (2012, pp.1-2) การจัดการศึกษาแบบสะเต็มเป็นกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะความรู้ในการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะเต็ม เป็นแนวคิดหลักในการนำไปพัฒนาเทคโนโลยี การวิศวกรรมการออกแบบ และการคำนวณซึ่งเป็นการพัฒนาบุคคลให้มีทักษะการโต้แย้งเชิงตรรกะและนำไปสู่ทักษะการแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์และซึ่งในขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) ที่ส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนลงมือปฏิบัติและการสร้างชิ้นงานโดยเน้นการบูรณาการด้านสะเต็มศึกษาโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการลงมือปฏิบัติจนได้เป็นผลงานนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

จากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนในการวัดซ้ำสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการนำแนวคิดสะเต็มที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้ามาสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองมีเป็นกระบวนการเรียนรู้เน้นการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่ให้ลงมือปฏิบัติที่เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรม และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า มีอิทธิพลอยู่ในระดับมากแสดงให้เห็นถึงตัวจัดกระทำนั้นมีความสามารถในการพัฒนากระบวนการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด -19 ซึ่งในบางคาบเรียนผู้วิจัยได้จัดกระบวนการเรียนรู้แบบออนไลน์ควบคู่กับการเรียนในห้องเรียนอาจจะส่งผลต่อคะแนนความสามารถในการคิดเชิงของนักเรียน ส่วนนักเรียนที่อยู่ทางบ้านที่เรียนออนไลน์นักเรียนต้องเตรียมอุปกรณ์เองซึ่งในบาง

กิจกรรมนักเรียนอาจจะมีโอกาสที่ขาดหายไป อาจจะส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ทำให้คะแนนของการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนบางคนอาจจะเกิดความคาดเคลื่อนเล็กน้อย ทั้งนี้หากต้องการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรมครูจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด ผ่านการแก้ไขปัญหา โดยครูส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงนวัตกรรมของผู้เรียนได้โดยกิจกรรมที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยส่งเสริมบรรยากาศการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงทักษะในการคิดเชิงนวัตกรรม ให้นักเรียนได้ทดลองคิดสร้างสรรค์ สิ่งใหม่โดยการใช้ความรู้ที่นักเรียนมีประสบการณ์แล้วสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ออกมาได้

2) ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

ความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาผลงานนวัตกรรมที่สร้างขึ้นจากกระบวนการพัฒนาสร้างสรรค์ชิ้นงาน ที่เกิดจากการใช้ความสามารถในการประดิษฐ์ คิดค้น พัฒนา ผลงานใหม่ขึ้นมา ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ผ่านการใช้อองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยผลงานของนักเรียนที่เกิดจากการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้นจากการนำแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เชิงวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ในการออกแบบผลงานที่สามารถแก้ไขปัญหาได้ มีความแปลกใหม่และทันสมัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาพกรณ์ เพียงดวงใจ (2558,น.183-184) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดใช้โครงงานเป็นฐาน ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน หรือแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นการเสริมสร้างการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบของโครงงานวิทยาศาสตร์ หรือพัฒนาผลงานนวัตกรรม ผลการพัฒนาพบว่าจากการจัดการเรียนรู้วิธีดังกล่าว สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม รวมทั้งยังพัฒนากระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนสูงขึ้นด้วย

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาใน ซึ่งในขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) ที่ส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนลงมือปฏิบัติและการสร้างชิ้นงานโดยเน้นการบูรณาการด้านสะเต็มศึกษาโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการลงมือปฏิบัติจนได้เป็นผลงานนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็น

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ด้วยการสืบเสาะร่วมกับกระบวนการสะสมเต็มศึกษา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนที่ได้รับการทดลองรูปแบบ เกิดทักษะในการออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งได้ผลงานนวัตกรรม รวมทั้งยังนักเรียนเป็นผู้ที่มีทักษะการคิด ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ไขปัญหา ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จนเกิดเป็นองค์ความรู้ขึ้น จนสามารถพัฒนาผลงานนวัตกรรมใหม่ขึ้นได้

ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด -19 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดการบวนการเรียนรู้แบบออนไลน์ควบคู่กับการเรียนในห้องเรียน โดยครูนักเรียนออกแบบผลงานนวัตกรรม เพิ่มเติมจากกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 2 ชั้น เพื่อประเมินพัฒนาการของผู้เรียนที่เกิดกระบวนการเรียนรู้จากการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นร่วมกับแนวคิดสะสมเต็มศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการในสามารถสร้างนวัตกรรมจากการทดสอบหาอิทธิพลของคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรม อยู่ในระดับมาก แสดงว่าการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติซ้ำๆ จะยิ่งทำให้นักเรียนนั้นมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมดีขึ้น ทั้งนี้หากต้องการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมครูจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการลงมือปฏิบัติจริง ผ่านการแก้ไขปัญหา โดยกิจกรรมที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนำกิจกรรม สะเต็มศึกษา เข้ามาให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงทักษะในการสร้างนวัตกรรม โดยให้ผู้เรียนได้ออกแบบสร้างสรรค์สิ่งใหม่โดยการใช้ความรู้ที่นักเรียนมีประสบการณ์หรือปรับปรุงพัฒนาจากแนวคิดหรือผลงานที่มีอยู่แล้วนำข้อดีข้อ หรือจุดบกพร่องมาแก้ไข เพื่อเป็นการต่อยอดให้ผลงานนวัตกรรมนั้นมีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับแนวคิดสะสมเต็มศึกษา ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด -19 พบว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดแก้ไขปัญหาและการลงมือปฏิบัติ นักเรียนบางคนอาจจะต้องการความช่วยเหลือในการสร้างผลงานนวัตกรรม ดังนั้น ครูผู้จัดกิจกรรมต้องจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี ให้ครบตามจำนวนกลุ่มของนักเรียน คอยดูแล และช่วยเหลือ นักเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันและเกิดเป็นผลงานนวัตกรรมใหม่ ส่วนนักเรียนที่อยู่ทางบ้านที่เรียนออนไลน์นักเรียนต้องเตรียมอุปกรณ์เองซึ่งในบางกิจกรรมนักเรียนอาจจะมีอุปกรณ์ที่ขาดหายไป อาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ครูผู้สอนต้องช่วยเหลือและใส่ใจนักเรียนที่เรียนออนไลน์มากเป็นพิเศษ

2) ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูผู้สอน พบว่านักเรียนจะเกิดความคิดเชิงนวัตกรรมได้ เมื่อต้องให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ทำซ้ำ การทดลองครั้งแรกอาจจะต้องใช้เวลาในการคิด ดังนั้น ครูผู้สอนต้องคอยให้การสนับสนุนส่งเสริมพลังทางบวก ให้นักเรียนให้เกิดความกระตือรือร้นในการคิดแก้ไขปัญหาจนสามารถคิดสร้างผลงานนวัตกรรมได้

3) ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด -19 ระหว่างรวบรวมข้อมูลความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้น การเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่างมีทั้งการเก็บรวบรวมทั้งในห้องเรียนและทำการวัดผลทางออนไลน์ผ่าน google form ทั้งนี้การวัดผลออนไลน์อาจจะส่งผลคาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยควรทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการทดลองกลุ่มเดียวแบบมีการวัดซ้ำ ซึ่งหากต้องการทำการวิจัยในประเด็นนี้ควรจะทำการศึกษาเปรียบเทียบและติดตามผลซ้ำในกลุ่มรวมถึงขนาดอิทธิพล (Effect size) เพื่อพิจารณาผลของตัวจัดกระทำจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้ผลแตกต่างจากตัวจัดกระทำในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบอื่น หรืออาจจะพิจารณาแบบแผนอื่นในการทดลอง เช่น แบบแผนสุ่มอย่างสมบูรณ์ เป็นต้น

2) ควรศึกษารูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใดที่สามารถประยุกต์นำแนวคิดสะเต็มศึกษา ว่าเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้รูปแบบใด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกระทำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการออกแบบการวัดตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูล ว่าเหมาะสมกับการทดลองรูปใด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด -19 เป็นการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน

บรรณานุกรม

- Adams, K. (2006). *The Sources of Innovation and Creativity*. USA: National Center on Education and Economy.
- Ceylen, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Social and Behavioral Sciences*, 177, 223-228.
- Christian Bason. (2010). *Leading Public Sector Innovation: Co-creating for Better Society*. UK: The Policy Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for behavioral science*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cox, C., Birdy, R., & Christian, S. (2016). Using Mathematics and Engineering to solve Problem in Secondary Level Biology. STEM Education. *Innovations and Research*, 17(1), 22-30.
- Daud, & Salina. (2008). Knowledge Creation and Innovation in Classroom. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Educational and Pedagogical Sciences.*, 4(2), 440-442
- David Horth and Dan Buchner. (2014). *Innovation Leadership How to use innovation to lead effectively, work collaboratively, and drive results*. USA: Center for Creative Leadership.
- David Smith. (2010). *Exploring innovation*. United Kingdom: McGraw Hill Education.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70, 57-59.
- Fariborz Damanpour & Deepa Aravind. (2008, July). Managerial Innovation: Conceptions, Processes, and Antecedents. *Management and Organization Review*, 8(2), 490-491.
- Friday O. Okpara. (2007). The Value of Creativity and Innovation in Entrepreneurship. *Asia Entrepreneurship and Sustainability*, 2(3), 11.
- Gurbuz, F., & Turgut, U. (2013). The Effect of 7E Learning Model on Academic Achievements and Retention of 6th Grade Science and Technology Course

- Students in the Unit "Electricity in Our Life". *Turkish Science Education.*, 10(3), 80-94.
- Khan, & Iqbal. (2011). Effect of Inquiry Lab Teaching Method on the Development of Scientific Skills Through the Teaching of Biology in Pakistan. *LANGUAGE IN INDIA Strength for Today and Bright Hope for Tomorrow*, 11, 175-176.
- Li Yan. (2007). Design Creativity in Product Innovation. *International Journal adjustment Manufacturing Technology*, 33, 213-222.
- Melissa A. Schilling. (2016). *Strategic Management of Technological Innovation*. USA: McGraw Hill Education.
- Michael West. (2012). education and the workplace. *OCCASIONAL PAPER SERIES*, 4, 1-2.
- National Academy of Engineering; National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education Status, Prospects, and an Agenda for Research*. USA: National Academy.
- Robert Nelson. (2012). *Self-Improvement Guide: How to Adopt Creative Thinking*. . USA: Lulu press.
- Weiss, D. S., & Legrand, C., . (2011). *Innovative Intelligence: The Art and Practice of Leading Sustainable Innovation in Your Organization*. Canada: Friesens.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์.ศษ.ม.(หลักสูตรและการสอน)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559, ตุลาคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION FOR STUDENT TEACHERS. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334-348.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2552). *สาระสำคัญวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*

- วิทยาศาสตร์ และสารเคมีศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เขมวดี พงศานนท์. (2557). STEM EDUCATION, การปฏิรูปนิเทศผู้รับทุนโครงการ สควค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557. โรงแรมเอวัน เดอะรอยัล ครุส พัทยา. กรุงเทพฯ: สสวท.
- ไชย ณ พล อัครศุภเศรษฐ์. (2551). การสร้างสรรค์นวัตกรรม. กรุงเทพฯ: พลัสเพลส.
- ดนชนก เบื่อน้อย. (2559, มกราคม- มีนาคม). นวัตกรรมกับความคิดสร้างสรรค์. วารสารวิชาการตลาดและการจัดการ, 3(1), 3.
- เทพรัตน์ พิมลเสถียร. (2560). นวัตกรรมและทรัพย์สินทางปัญญา. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ทองคำ วิรัตน์ (2546). การพัฒนานวัตกรรมการสอนแบบการสอนโครงการงานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ วท.ม. การศึกษาศาสตร์). บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทีศนา เขมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ธีร์วรา ชื่นธีรพงศ์. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมเกมวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบในร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดเชิงนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 14(2), 42-59.
- นพดล เหลืองภิรมย์. (2557). การจัดการนวัตกรรม (INNOVATION MANAGEMENT). กรุงเทพฯ: ดวงกมล.
- นภาพรณี เพียงดวงใจ. (2558). พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการทำโครงการเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นัสรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เนาวนิตย์ สงคราม. (2556). การสร้างนวัตกรรม เปลี่ยนผู้เรียนให้เป็นผู้สร้างนวัตกรรม. กรุงเทพฯ:

- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประสาธน์ เถืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ*, 10(4), 28-30.
- ปรีดา ยังสุขสถาพร. (2558). *กระบวนการคิดเชิงนวัตกรรม*. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 20(115), 64.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2550). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 11(1), 132-143.
- พยัต วุฒิรงค์. (2557). กรอบแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมองค์การ: การบูรณาการแนวคิดทรัพยากรที่มีคุณค่าเฉพาะขององค์การและองค์การแห่งการเรียนรู้. *วารสารพัฒนบริหารศาสตร์*, 54(1), 37-40.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 STEM Education and 21st Century Skills Development. *วารสารนักบริหาร Executive Journal*, 33(2), 49-56.
- พิเชษฐ ศรีงามสังข์. (2561). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Developing 5E Instructional Model Blended Engineering Design via STEM)*. (ปริญญาานิพนธ์. กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา)). บัณฑิตวิทยาลัย:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มนตรี จุฬาวัดมนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). *นิตยสาร สสวท*, 42(185), 14-18.
- มนตรี วงษ์สะพาน. (2554). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูในการสร้างนวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์*. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด(การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- มนสิข สิริพิศมบูรณ์. (2550). *การพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วรกร หงษ์โต. (2553). *การพัฒนาแบบชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้กระบวนการสร้างความรู้เพื่อการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิชาคอมพิวเตอร์*. (วิทยานิพนธ์.ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)). บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วัชรภรณ์ ฟองจันทร์. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับ

เทคนิคผังกราฟิก วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 8(2).

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2560). *การวัดประเมินผลเพื่อคุณภาพ การเรียนรู้และ ตัวอย่างข้อสอบจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ: เซเว่น พรินติ้งกรุ๊ป.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์. (2553, ตุลาคม-ธันวาคม). นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และ ความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ. *วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการ บัญชี*, 33(128), 54.

ส่องแสง อาราชฎูร์. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคเค ดับเบิลยูแอล เรื่อง สารในชีวิตประจำวันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านนา เจริญจังหวัดชัยภูมิ. *วารสารวิชาการ มสธ*, 10(2), 222-228.

สำนักงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย. (2558). *แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ ที่เน้นสมรรถนะทาง สาขาวิชาชีพในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ, ชุมนมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). *นวัตกรรมสำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2558). *สุดยอดนวัตกรรมไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนวัตกรรม แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2554). *แนวทางการพัฒนา การวัดและประเมินคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลาง พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: ชุมนมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุพัฒน์ สุขมกลสันต์. (2553). ขนาดของผล : ความมีนัยสำคัญทางปฏิบัติวิจัย. *วารสารภาษาปริทัศน์*, 25(1), 26-37.

สุรัชย์ มีชาญ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 10(2), 113-126.

โสภณ มั่นเรือง. (2559). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2.

อนันต์ แก้วร่วมวงศ์. (2559). *THAI INNOVATION*. กรุงเทพฯ: ซีเอส ล็อกซอินโฟ.

อนุธิดา สารทอง. (2560). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา 7 ชั้น สอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิด เรื่องอาหารและการดำรงชีวิตกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน*, 9(24), 152-155.

อรนุช ลิ้มตศิริ. (2546). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอน*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัจฉรา จันทร์ฉาย. (2553, ตุลาคม-ธันวาคม). นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ. *วารสารบริหารธุรกิจ*, 33(128), 57-58.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ




รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและการวัดประเมินผล

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธากการ
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. นายอดุลย์ สุทธิแสน
ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โรงเรียนวัดราชโอรส สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1
2. นางสาวปทุมรัตน์ อาวุโสสกุล
ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โรงเรียนวัดราชโอรส สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
- ตัวอย่างแบบประเมินความสามารถในการการสร้างผลงานนวัตกรรม
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

1. ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
ให้นักเรียนพิจารณา สถานการณ์ที่ 2 แล้วตอบคำถามข้อ 1-5

สถานการณ์ที่ 2 การแปรรูปอาหารทะเลของก้อย

ก้อย อาศัยอยู่บริเวณชายทะเล ซึ่งครอบครัวของก้อยทำอาชีพประมง และการแปรรูปอาหารโดยการนำสัตว์น้ำที่จับมาได้นำมาทำการตากแห้ง และการจะทำให้แห้งนั้นต้องอาศัยทิศทางของแสงแดดและทิศทางของลม เพื่อใช้ในการให้อาหารแห้งเร็วขึ้น และในแต่ละวันทิศทางลมจะเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันออกไป หากนักเรียนเป็นก้อย นักเรียนจะสามารถสร้างผลงานเพื่อรับรู้ทิศทางลมเพื่อช่วยในการแปรรูปอาหารรวมทั้งการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันอื่นได้ด้วย

ภารกิจให้นักเรียนออกแบบ สครลม

เงื่อนไขกำหนดให้ สครลมที่ได้ต้องสามารถวัดความเร็วลม และทิศทางลมได้และแข็งแรง วัสดุและอุปกรณ์

- | | | |
|------------------------|---|------|
| 1) กระดาษแข็ง 180 แกรม | 3 | แผ่น |
| 2) แผ่นโฟมบางขนาด A4 | 1 | แผ่น |
| 3) ไม้บัลซา | 1 | แผ่น |
| 4) ฟีเจอริบอร์ด | 1 | แผ่น |
| 5) ตะเกียบ | 3 | ข้าง |
| 6) ไม้เสียบลูกชิ้น | 3 | อัน |
| 7) ดินน้ำมัน | 1 | ก้อน |
| 8) เข็มหมุด | 3 | เล่ม |
| 9) หลอดพลาสติก | 3 | หลอด |
| 10) เทปใส | 1 | ม้วน |
| 11) กรรไกร | 1 | เล่ม |
| 12) คัตเตอร์ | 1 | เล่ม |

คำถามที่ 1 ให้นักเรียนออกแบบผลงานศรลม โดยวาดภาพร่าง พร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
นักเรียนสามารถวาดภาพ ออกแบบโครงร่างศรลมได้ พร้อมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างศรลมอย่าง ครบถ้วน	นักเรียนสามารถวาดภาพ ออกแบบโครงร่างศรลมได้ ไม่ สามารถระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ในการสร้างศรลม หรือ ไม่สามารถวาดโครงร่าง ศรลมได้ แต่สามารถระบุวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างศรลม ได้	นักเรียนไม่สามารถวาดภาพ โครงร่างศรลมหรือระบุวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง ศรลมได้

คำถามที่ 2 จากคำถามข้อ 1. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในการออกแบบศรลมโดยใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรม

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
อธิบายแนวคิดเชิงวิศวกรรมในการออกแบบศรลมได้อย่างถูกต้องชัดเจน เช่น -ศรลมที่ดี หัวลูกศรต้องใหญ่สามารถรับลมได้ดีมากกว่าหางลูกศร -แกนหมุนต้องสามารถหมุนได้อิสระแกนหมุนต้องอยู่ในระดับสมดุล -ฐานของศรลม ต้องแข็งแรงทนทานต่อแรงปะทะของลมสามารถตั้งได้อย่างสมดุล	อธิบายแนวคิดเชิงวิศวกรรมในการออกแบบศรลมได้อย่างถูกต้องบางส่วน	ไม่สามารถระบุแนวคิดเชิงวิศวกรรมในการออกแบบศรลมได้

คำถามข้อ 3. จากคำถามข้อ 1. ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนในการสร้างผลงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
อธิบายขั้นตอนในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้อย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่นักเรียนออกแบบ	อธิบายขั้นตอนในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้อย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่นักเรียนออกแบบเพียงบางส่วน	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้

คำถามที่ 4 ให้นักเรียนระบุผลงานที่นักเรียนออกแบบนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง จงอธิบาย

.....
เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรมได้อย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่ออกแบบ	ระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรมได้อย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลงานที่ออกแบบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถระบุการนำไปใช้ประโยชน์ของผลงานนวัตกรรมได้

คำถามที่ 5 ให้นักเรียนอธิบายว่าผลงานที่นักเรียนออกแบบมีความเป็นนวัตกรรมอย่างไร

.....
เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
อธิบายได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ นวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรมมีความน่าสนใจ	อธิบายได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ หรือนวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ หรือนวัตกรรมมีความน่าสนใจ	ไม่สามารถระบุได้ว่านวัตกรรมมีความแปลกใหม่ หรือนวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ หรือนวัตกรรมมีความน่าสนใจ

2. ตัวอย่างแบบประเมินความสามารถในการการสร้างผลงานนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
ด้านความเป็นนวัตกรรม				
1. ผลงานเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่				
2. ผลงานใช้วิธีการใหม่				
3. การสร้างสรรค์ผลงาน				
ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม				
4. การกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบ				
5. การใช้แนวคิดในการสร้างนวัตกรรม				
6. การออกแบบนวัตกรรม				
7. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม				
ด้านคุณค่าและการใช้ประโยชน์				
8. การแก้ไขปัญหา				
9. ความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากร				
10. กระบวนการแสวงหาความรู้				
11. การนำไปใช้ประโยชน์				

ตาราง 14 เกณฑ์การประเมินความสามารถสร้างผลงานนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	3 คะแนน (ดีมาก)	2 คะแนน (ดี)	1 คะแนน (พอใช้)	0 คะแนน (ปรับปรุง)
1. ผลงานเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่	ผลงานมีความแปลกใหม่ แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และมีประโยชน์ มีความน่าสนใจ	ผลงานมีความแปลกใหม่แสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสร้างสรรค์ และมีประโยชน์แต่ไม่มีความน่าสนใจ	ผลงานมีส่วนคล้ายคลึงกับผลงานของผู้อื่น ไม่มีความแปลกใหม่	ผลงานไม่มีความเป็นนวัตกรรม หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น
2. ผลงานใช้วิธีการใหม่	ผลงานมีการแสดงให้เห็นถึงแนวทางหรือวิธีการใหม่ ในการสร้างผลงานนวัตกรรม แต่มีบางส่วนของการงานซ้ำซ้อน หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น	ผลงานมีการแสดงให้เห็นถึงแนวทางหรือวิธีการใหม่ ในการสร้างผลงานนวัตกรรม แต่มีบางส่วนของการงานซ้ำซ้อน	ผลงานไม่มีการแสดงให้เห็นถึงแนวทางหรือวิธีการใหม่ และมีการทำผลงานซ้ำซ้อน หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น	ผลงานมีการแสดงให้เห็นถึงแนวทางหรือวิธีการใหม่ และมีการทำผลงานซ้ำซ้อน หรือคัดลอกผลงานผู้อื่น
3. การสร้างสรรค์ผลงาน	ผลงานทั้งหมดมีการแสดงให้เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์มากที่สุด	ผลงานบางส่วนมีการแสดงให้เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานบางส่วนมีการแสดงให้เห็นถึงแนวคิด กระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานไม่มีการแสดงให้เห็นถึงแนวคิดกระบวนการที่มีความคิดสร้างสรรค์ หรือแปลกใหม่

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	3 คะแนน (ดีมาก)	2 คะแนน (ดี)	1 คะแนน (พอใช้)	0 คะแนน (ปรับปรุง)
4. การกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบ	มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบผลงานนวัตกรรมให้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนดทั้งหมด และถูกต้อง	มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบผลงานนวัตกรรมสอดคล้องกับประเด็นปัญหาเพียงบางส่วนหรือส่วนใดส่วนหนึ่ง	มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบผลงานนวัตกรรมแต่ไม่มีความสอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนด	ไม่มีมีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการออกแบบผลงานนวัตกรรม แต่ไม่มีความสอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนด
5. การใช้แนวคิดในการสร้างนวัตกรรม	มีการใช้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ในการสร้างนวัตกรรมมาใช้ในทั้ง 4 สาขาการเรียนรู้	มีการใช้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการสร้างนวัตกรรมอย่างน้อย 2-3 สาขาการเรียนรู้	มีการใช้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการสร้างนวัตกรรมอย่างน้อย 1 สาขาการเรียนรู้	ไม่มีมีการใช้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ในการสร้างนวัตกรรม
6. การออกแบบนวัตกรรม	มีการออกแบบกำหนดขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมให้ การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด	มีการออกแบบกำหนดขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์แต่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด	มีการออกแบบกำหนดขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์แต่ กระบวนการไม่เป็นขั้นตอน	ไม่มีมีการออกแบบกำหนดขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม การเลือกใช้วัสดุ

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	3 คะแนน (ดีมาก)	2 คะแนน (ดี)	1 คะแนน (พอใช้)	0 คะแนน (ปรับปรุง)
7. กระบวนการพัฒนา นวัตกรรม	มีกระบวนการในการพัฒนา นวัตกรรมเป็นขั้นตอน ลำดับ ก่อนหลังและสอดคล้องกับ กระบวนการออกแบบ	มีกระบวนการในการพัฒนา นวัตกรรมเป็นขั้นตอน อาจจะมี การผิดพลาดขั้นตอนสอดคล้องกับ กระบวนการออกแบบ	มีการกำหนดขั้นตอน กระบวนการในการสร้าง นวัตกรรมแต่ไม่ได้ทำตาม แบบแผนที่กำหนด	ไม่มีมีการกำหนดขั้นตอน กระบวนการในการสร้าง นวัตกรรมแต่ไม่ได้ทำตาม แบบแผนที่กำหนด
8. การแก้ไขปัญหา	ผลงานนวัตกรรมสามารถ แก้ไขปัญหาได้ดี สอดคล้อง ตรงตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด ดีมากที่สุด	ผลงานนวัตกรรมสามารถแก้ไข ปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องตรง ตรงตามจุดมุ่งหมาย	ผลงานนวัตกรรมสามารถ แก้ไขไม่สามรถปัญหาได้ ตรงตามจุดมุ่งหมาย แต่ สามารถใช้งานได้	ผลงานนวัตกรรมสามารถ แก้ไขไม่สามรถปัญหาได้
9. ความคุ้มค่าในการ ใช้ทรัพยากร	มีการใช้ทรัพยากรในการ พัฒนานวัตกรรมอย่างคุ้มค่า ภายใต้งบประมาณ อย่าง จำกัด	มีการใช้ทรัพยากรในการ พัฒนานวัตกรรมอย่างคุ้มค่า ภายใต้งบประมาณ แต่มีการใช้ งบประมาณเกินกำหนด	มีการใช้ทรัพยากรในการ พัฒนานวัตกรรมอย่างแต่ไม่ คุ้มค่าและใช้งบประมาณ เกินกำหนด	มีการใช้ทรัพยากรในการ พัฒนานวัตกรรมอย่าง ฟุ่มเฟือยและงบประมาณ เกินกำหนด

ตาราง 14 (ต่อ)

	ระดับการประเมิน			
	3 คะแนน (ดีมาก)	2 คะแนน (ดี)	1 คะแนน (พอใช้)	0 คะแนน (ปรับปรุง)
10. เกิด กระบวนการ แสวงหาความรู้	แสดงให้เห็นถึง กระบวนการแสวงหา ความรู้ โดยใช้แนวคิด ทฤษฎี อ้างอิงและพัฒนา กระบวนการนวัตกรรม ต่อยอดจากองค์ความรู้ เดิมอย่างชัดเจน	แสดงให้เห็นถึง กระบวนการแสวงหา ความรู้ โดยใช้แนวคิด ทฤษฎี อ้างอิงและพัฒนา กระบวนการนวัตกรรมต่อ ยุดจากองค์ความรู้เดิม	แสดงให้เห็นถึง กระบวนการแสวงหา ความรู้ โดยใช้แนวคิด ทฤษฎี อ้างอิงและพัฒนา กระบวนการนวัตกรรม ต่อยอดจากองค์ความรู้ เดิมบางส่วน	ไม่มีการแสดงให้เห็นถึง กระบวนการแสวงหา ความรู้ โดยใช้แนวคิด ทฤษฎี อ้างอิงและ พัฒนากระบวนการสร้าง นวัตกรรมต่อยอดจาก องค์ความรู้เดิม
11. การนำไปใช้ ประโยชน์	ผลงานสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้จริง มีความ คงทน แข็งแรง และไม่ก่อ เกิดโทษ หรืออันตรายใดๆ	ผลงานสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้จริง มีความ คงทน แข็งแรง แต่อาจจะ ก่อให้เกิดอันตรายได้	ผลงานสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ แต่ขาด ความคงทน แข็งแรง หรือ อาจจะก่อให้เกิดอันตราย ได้	ผลงานไม่สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ได้ จริง

3. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กิจกรรมจมหรือลอย

รายวิชาวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

เวลาเรียน 3 คาบเรียน 150 นาที

ชื่อผู้สอน นายจตุรกิตติ ชินนระราช

1. ตัวชี้วัด

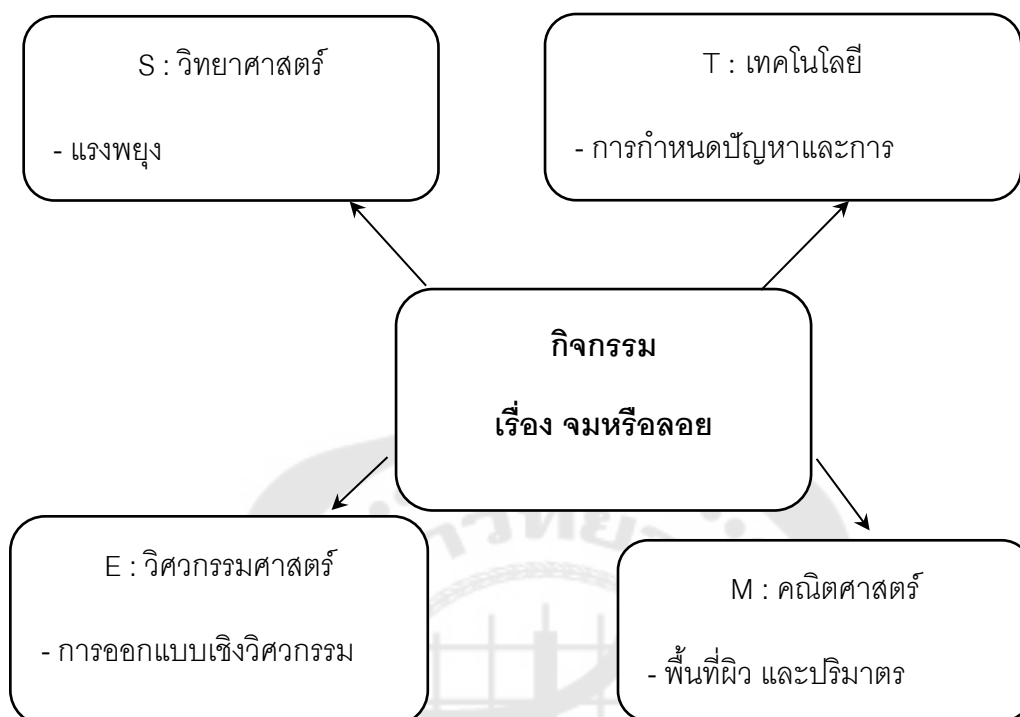
วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยตัวของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึม และทรงกระบอกในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุปกรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอ แนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา อย่างเป็นขั้นตอน

หมายเหตุ: *ตัวชี้วัด เทคโนโลยี(T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยีและ สาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์(E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จาก กระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
แรงพยุ่ง คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุ มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุ ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพยุ่งมาก วัตถุที่ลอยได้ในของเหลวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว	พื้นที่ผิว - การหาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา ปริมาตร - การหาปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา	การระบุปัญหาจำเป็นต่อง มีการวิเคราะห์ สถานการณ์ของปัญหาเพื่อสรุปกรอบของปัญหา แล้วดำเนินการสืบค้นรวบรวมข้อมูล ความรู้ จากศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การ ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจ เลือกข้อมูลที่เป็น จำเป็น โดยคำนึงถึงเงื่อนไข และทรัพยากร งบประมาณ เวลา ข้อมูล และสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียน แผนภาพ การเขียนผังงาน การกำหนดขั้นตอนระยะเวลาในการทำงาน ก่อนดำเนินการแก้ปัญหา สำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น

3. กรอบแนวคิดในการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้



4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

- นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างแรงพยุงและการจมการลอยตัวของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์
- นักเรียนสามารถอธิบายพื้นที่ผิวและปริมาตร ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ปัญหาในชีวิตจริง

4.2 ด้านทักษะ (P)

- นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ได้

4.3 ด้านเจตคติ (A)

- นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
- นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร
- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการแก้ปัญหา
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- อยู่อย่างพอเพียง
- ซื่อสัตย์สุจริต
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีวินัย
- รักความเป็นไทย
- ใฝ่เรียนรู้
- มีจิตสาธารณะ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม(Elicitation) (10 นาที)

ครูให้นักเรียนชมคลิปวิดีโอ เกี่ยวกับเรือที่กำลังลอยอยู่บนน้ำ จากนั้นครูถามคำถามกระตุ้นเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจากการได้รับชมคลิปวิดีโอ

ตัวอย่างแนวทางในการถามคำถาม

“นักเรียนรู้หรือไม่ทำไมเรือที่น้ำหนักมากขนาดนั้นถึงไม่จม”

แนวทางในการตอบ เช่น“เพราะเรือมีแรงมาช่วยพยุงไม่ให้เรือไม่จม” “เพราะเรือมีแรงลอยตัวกระจายแรงไปทั่วทั้งลำ ทำให้เรือไม่จม”

ขั้นที่ 2 สร้างความสนใจ (Engagement) (20 นาที)

2.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมา 3 คน จากนั้นครูให้นักเรียนตัวแทน กลุ่มที่ 1 และ 2 เขียนวัตถุที่สามารถจมน้ำได้ กลุ่มที่ 3 และ 4 เขียนวัตถุลอยน้ำได้ มาให้มากที่สุด

2.2 ครูให้นักเรียนดูรูปเรือ แล้วถามนักเรียนว่า เรือลอยน้ำได้เพราะเหตุใด โดยให้นักเรียนช่วยกันระบุว่า เรือนี้ในการสร้างนั้นมีการใช้องค์ความรู้เกี่ยวสะเต็มอย่างไร

แนวทางในการตอบ เช่น“ใช้การวัดขนาดเรือ” “ใช้เทคโนโลยีในการต่อเรือไม่ให้เกิดรูรั่ว”

“ใช้หลักการวิศวกรรมในการออกแบบ”

ขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา (Exploration) บูรณาการร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (70 นาที)

3.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนออกแบบผลงานนวัตกรรมใหม่ จากสถานการณ์ที่ว่า

“นักเรียนอาศัยอยู่หมู่บ้านริมแม่น้ำ เมื่อเกิดเหตุน้ำท่วมขัง จากน้ำหนุนสูงทำให้น้ำล้นตลิ่ง ส่งผลให้ถนนในการคมนาคมที่เคยสะดวกนั้น เดินทางลำบากมากขึ้น นักเรียนจะแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร” จากปัญหาข้างต้นให้นักเรียนออกแบบยานพาหนะที่สามารถรองรับน้ำหนักได้ โดยให้นักเรียนสร้างเป็นโมเดลของพาหนะที่สามารถใช้คมนาคมขณะน้ำท่วมสูง และอยู่ภายใต้งบประมาณ 30 บาท และวัสดุที่มีอย่างจำกัด” โดยครูสมมุติราคาของวัสดุ(นักเรียนไม่ได้จ่ายจริง ครูเป็นคนเตรียมอุปกรณ์ไว้ให้) โดยครูกำหนดราคาของวัสดุ ราคาต่อ 1 หน่วย ดังนี้

กาว	3	บาท
เทปใส	3	บาท
หลอดกาแฟ	5	บาท
ไม้เสียบลูกชิ้น	2	บาท
ไม้ไอศกรีม	3	บาท
ไม้จิ้มฟัน	2	บาท
เทปกาวหนังไก่	4	บาท
ดินน้ำมัน	3	บาท

โดยผลงานของนักเรียนต้องนำหลักการสะเต็ม โดยชิ้นงานนวัตกรรมของนักเรียนต้องมีความแปลกใหม่ริเริ่มสร้างสรรค์โดย

3.2 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ว่าปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร แล้วบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม

ครูให้นักเรียนทำโมเดลพาหนะจนเสร็จทุกกลุ่ม จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปว่าชิ้นงานของตนเองลงทุนไปเท่าไร และใช้ของที่ซื้อมาหมดหรือไม่ เหลืออะไรที่ไม่ได้ใช้ คิดเป็นเงินกี่บาท

ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยให้นักเรียนการทดลองเพิ่มเติม โดยลองชั่งน้ำหนักของดินน้ำมัน โดยใช้เครื่องชั่งสปริง จากนั้นชั่งน้ำหนักของดินน้ำมันลงในถ้วยเรกาและวัดปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมา และครูแนะนำให้นักเรียนระวังอย่าให้เครื่องชั่งสปริงเปียกน้ำ ในขณะที่อ่านค่าดินน้ำมันไม่ควรแตะผนังหรือก้นบีกเกอร์ และอ่านค่าน้ำหนัก ในขณะที่ดินน้ำมันอยู่นิ่งทุกครั้ง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบแบบจำลองที่กลุ่มตัวเองสร้างขึ้น โดยการนำไปลอยบนน้ำ และใส่ลูกแก้วลงไป แล้วหาปริมาตรของน้ำที่ล้นออก เพราะดูความหนาแน่น ของพาหนะที่นักเรียนออกแบบและประเมินผลงานว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด มีข้อต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานด้วยวิธีการที่น่าสนใจ โดยมีครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมินชิ้นงาน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงาน

ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงหลักการออกแบบชิ้นงานแต่ละส่วนว่าควรออกแบบอย่างไร พร้อมให้เหตุผลประกอบ และสรุปข้อดีและข้อที่ต้องปรับปรุงของชิ้นงานแต่ละกลุ่มอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 อภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation) (20 นาที)

4.1 เมื่อผลงานนวัตกรรมของนักเรียนเสร็จต้องสามารถอธิบายได้ว่าการบูรณาการใช้องค์ความรู้กับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมอย่างไร และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดว่าในแต่ละขั้นตอนในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานนั้นมีการเชื่อมโยงแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างไรบ้าง ตั้งแต่การออกแบบ รวบรวมข้อมูล ออกแบบ วางแผน ดำเนินการ และนำเสนอผลงาน เช่น สาระเทคโนโลยี ให้นักเรียนมีการนำความรู้เรื่องการออกแบบมาใช้ในการผลิตผลงานนวัตกรรม นำสามารถนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการสืบค้นและการออกแบบ โดยสามารถใช้เทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับผลงาน และเกิดประโยชน์มากที่สุด

4.2 อภิปรายหลังการทดลอง หลังจากนักเรียนทุกคนได้ดูผลจากการทำกิจกรรมแล้วครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายโดยใช้แนวคำถามท้ายการทดลองดังนี้

- น้ำหนักก้อนดินน้ำมันที่ชั่งในอากาศ และชั่งในน้ำเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด
(แนวคำตอบ น้ำหนักก้อนดินน้ำมันที่ชั่งในน้ำและในอากาศไม่เท่ากัน เพราะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อดินน้ำมัน)
- จากการเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำที่ล้นออกมา กับผลต่างของน้ำหนักก้อนดินน้ำมันเมื่อชั่งในอากาศกับชั่งขณะอยู่ในน้ำจะมีข้อสรุปอย่างไร
(แนวคำตอบ น้ำหนักของน้ำที่ล้นออกมามีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักที่หายไปเมื่อชั่งในน้ำ ครูแนะนำว่า น้ำหนักดินน้ำมันหายไปเมื่อชั่งในน้ำมีค่าเท่ากับแรงพยุงเนื่องจากน้ำ)

4.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำงานกิจกรรม ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. น้ำหนักก้อนดินน้ำมันที่ซั้งในน้ำน้อยกว่าเมื่อซั้งในอากาศ
2. น้ำหนักของดินน้ำมันที่หายไปเมื่อซั้งในน้ำเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ล้นออกมา
3. น้ำหนักของดินน้ำมันที่หายไปเมื่อซั้งในน้ำมีค่าเท่ากับแรงพยุง
4. เรือลอยได้เกิดจากแรงพยุงที่ช่วยรองรับน้ำหนักไม่ให้เรือจม

ขั้นที่ 5 ขยายความรู้ (Elaboration) (20 นาที)

ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยให้นักเรียนลองทำกิจกรรม โดยการนำเรือที่สร้างขึ้นนำไปทดลองหาปริมาตรของเรือ โดยการบูรณาการความรู้กับ การวัด การใช้เทคโนโลยี และหลักวิศวกรรมในการออกแบบวิธีการวัดปริมาตรของเรือ

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation) (5 นาที)

ในการประเมินนักเรียนครูพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

- 6.1 การตอบคำถามหลังเรียน เกี่ยวกับการหาแรงพยุง และปริมาตร
- 6.2 ประเมินแบบบันทึกกิจกรรม และชิ้นงานนักเรียน

ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้(Extension) (5 นาที)

ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำกิจกรรมต่อไปคือให้นักเรียนลองออกแบบ เรือ ป๊อป ป๊อป ที่สามารถแล่นได้บนน้ำให้ได้ระยะเวลานานที่สุดและเร็วที่สุด ที่สร้างจาก กระจ่องน้ำผลไม้ กระจ่องน้ำอัดลม หลอดกาแฟ โดยใช้หลักการบูรณาการความรู้ของสะสม ศึกษาในการสร้างเรือ อีกทั้งยังการหาแรงพยุง การหาความหนาแน่น เป็นต้น

8. การวัดผลและประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
อธิบายและยกตัวอย่างแรงพยุ่งและการจม การลอยตัวของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์(K)	- ตรวจสอบความถูกต้องจากชิ้นงานและใบกิจกรรม	- ชิ้นงาน - ใบกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
อธิบายพื้นที่ผิวและปริมาตร ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ปัญหาในชีวิตจริง(K)	- ตรวจสอบความถูกต้องจากชิ้นงาน	- ชิ้นงาน	ระดับดีขึ้นไป
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ทาง STEM (P)	- ตรวจสอบความถูกต้องจากชิ้นงานและใบกิจกรรม	- ชิ้นงาน - ใบกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (A)	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย(A)	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
มีวินัย	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
ใฝ่เรียนรู้	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
มุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
ความสามารถในการสื่อสาร	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป
ความสามารถในการแก้ปัญหา	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์ การประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี(3)	พอใช้(2)	ปรับปรุง(1)
อธิบายและยกตัวอย่าง แรงพยางค์และการจม การลอยตัวของวัตถุใน ของเหลวจากหลักฐาน เชิงประจักษ์(K)	สามารถอธิบาย ยกตัวอย่างของแรง ลอยตัว และชิ้นงานที่ทำ ออกมาสามารถลอยน้ำ และรับน้ำหนักได้จริง	สามารถอธิบายยกตัวอย่าง ของแรงลอยตัว และชิ้นงาน ที่ทำออกมาไม่สามารถ ลอยน้ำและรับน้ำหนัก	ไม่สามารถอธิบาย ยกตัวอย่างของแรง ลอยตัว
อธิบายพื้นที่ผิวและ ปริมาตร ในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ปัญหาใน ชีวิตจริง(K)	ผลงานของนักเรียน ประยุกต์ใช้การหาพื้นที่ ผิวและปริมาตร และมี การคำนวณที่ถูกต้อง	ผลงานของนักเรียน ประยุกต์ใช้การหาพื้นที่ผิว และปริมาตร แต่มีการ คำนวณผิดพลาด	ผลงานของนักเรียนไม่ แสดงให้เห็นถึงการ ประยุกต์ใช้การหาพื้นที่ ผิวและปริมาตร และ ถูกต้อง
สามารถออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหาโดย เชื่อมโยงความรู้ทาง STEM (P)	ผลงานของนักเรียน ออกแบบโดยใช้องค์ ความรู้ในสาระ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ ครบทั้ง 4 สาระ	ผลงานของนักเรียน ออกแบบโดยใช้องค์ความรู้ ในสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ อย่างน้อย 1 สาระ	ผลงานของนักเรียน ออกแบบไม่เกี่ยวข้องกับ ความรู้ในสาระ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์
นักเรียนมีส่วนร่วมใน การทำกิจกรรมในชั้น เรียน (A)	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ใน การเรียน มีส่วนร่วมใน การเรียนรู้ และเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ตลอด ระยะเวลาในการทำ กิจกรรม	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการ เรียน มีส่วนร่วมในการ เรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรม การเรียนรู้บ่อยครั้ง	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ใน การเรียน มีส่วนร่วมใน การเรียนรู้ และเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ บางครั้ง
นักเรียนมีความ รับผิดชอบในงานที่ ได้รับมอบหมาย(A)	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจ เรียน เอาใจใส่ในการ เรียน มีส่วนร่วมในการ เรียนรู้ และเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้และ ส่งงานตรงต่อเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจ เรียน เอาใจใส่ในการเรียน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการ เรียนรู้และส่งงานช้ากว่า กำหนด	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจ เรียน เอาใจใส่ในการ เรียน มีส่วนร่วมในการ เรียนรู้ และเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ แต่ ไม่ได้ส่งงาน

เกณฑ์	ระดับคะแนน		
	ดี(3)	พอใช้(2)	ปรับปรุง(1)
การประเมิน			
มีวินัย	จัดเตรียมอุปกรณ์และเก็บอุปกรณ์ได้ถูกต้อง และส่งผลงานทันเวลาทุกครั้ง	จัดเตรียมอุปกรณ์และเก็บอุปกรณ์ได้ถูกต้อง และส่งผลงานทันเวลาบ่อยครั้ง	ไม่มีการจัดเตรียมอุปกรณ์และเก็บอุปกรณ์ได้ถูกต้อง และทำผลงานไม่เสร็จ
ใฝ่เรียนรู้	ตั้งใจเรียน มีความเข้าใจใฝ่พยายามเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เป็นประจำ	ตั้งใจเรียน มีความเข้าใจใฝ่พยายามเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้บ่อยครั้ง	ไม่ค่อยตั้งใจเรียน ขาดความเข้าใจใฝ่และไม่ค่อยเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้
มุ่งมั่นในการทำงาน	มีความเข้าใจใฝ่ต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และแก้ไขปัญหาจนทำผลงานออกมาสำเร็จทุกครั้ง	มีความเข้าใจใฝ่ต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และแก้ไขปัญหาจนทำผลงานออกมาสำเร็จบ่อยครั้ง	ขาดความเข้าใจใฝ่ต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และไม่สามารถแก้ไขปัญหาจนทำผลงานออกมาไม่สำเร็จ
ความสามารถในการสื่อสาร	สามารถนำเสนอผลงาน และอธิบายข้อสังเกตเกี่ยวกับผลงานของตนเองได้ ถูกต้องชัดเจนทั้งหมด	สามารถนำเสนอผลงาน และอธิบายข้อสังเกตเกี่ยวกับผลงานของตนเองได้บางส่วน	ไม่สามารถนำเสนอผลงานและอธิบายข้อสังเกตเกี่ยวกับผลงานของตนเองได้
ความสามารถในการแก้ปัญหา	สามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้นำมาแก้ไขปัญหาจนทำผลงานออกมาสำเร็จทุกครั้ง	สามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้นำมาแก้ไขปัญหาจนทำผลงานออกมาสำเร็จบางครั้ง	ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้นำมาแก้ไขปัญหาจนไม่สามารถทำผลงานออกมาสำเร็จได้

9. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

9.1 สื่อ

9.1.1 คลิปวิดีโอ

9.1.2 power point เรื่อง แรงพยุ่ง

9.1.3 อุปกรณ์การทดลอง เรื่อง แรงพยุ่ง

ได้แก่

1. ถ้วยยูเรกา
2. ดินน้ำมัน
3. เครื่องชั่งสปริง

9.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมจมหรือลอย

ได้แก่

1. กาว
2. เทปใส
3. หลอดกาแฟ
4. ไม้เสียบลูกชิ้น
5. ไม้ไอศกรีม
6. ไม้จิ้มฟัน
7. เทปกาวหนังไก่
8. ดินน้ำมัน
9. ลูกแก้ว
10. ถังสำหรับใส่น้ำ

10. บันทึกหลังการเรียนการสอน

ผลการสอน

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

ปัญหาและอุปสรรค

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

วิธีแก้ไข / ข้อเสนอแนะ

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

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

ครูผู้สอน

แบบบันทึกข้อมูลการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สถานการณ์ที่ 4

เรื่อง จมหรือลอย

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. 2.

3..... 4.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วพิจารณาว่าสถานการณ์พร้อมขีดเส้นใต้ด้วยปากกาสีน้ำเงินตรงประโยคที่เป็นปัญหา และขีดเส้นสีแดงตรงประโยคที่เป็นเงื่อนไข

สถานการณ์ที่ 4

“นักเรียนอาศัยอยู่หมู่บ้านริมแม่น้ำ เมื่อเกิดเหตุน้ำท่วมขัง จากน้ำหนุนสูงทำให้น้ำล้นตลิ่ง ส่งผลให้ถนนในการคมนาคมที่เคยสะดวกนั้น เดินทางลำบากมากขึ้น นักเรียนจะแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร” จากปัญหาข้างต้นให้นักเรียนออกแบบยานพาหนะที่สามารถรองรับน้ำหนักได้โดยให้นักเรียนสร้างเป็นโมเดลของพาหนะที่สามารถใช้คมนาคมขณะน้ำท่วมสูง และอยู่ภายใต้งบประมาณ 30 บาท และวัสดุที่มีอย่างจำกัด” โดยครูสมมุติราคาของวัสดุ(นักเรียนไม่ได้จ่ายจริงครูเป็นคนเตรียมอุปกรณ์ไว้ให้) โดยครูกำหนดราคาของวัสดุ ราคาต่อ 1 หน่วย ดังนี้

- | | | |
|--------------------|---|-----|
| 1. กาว | 3 | บาท |
| 2. เทปใส | 3 | บาท |
| 3. หลอดกาแฟ | 5 | บาท |
| 4. ไม้เสียบลูกชิ้น | 2 | บาท |
| 5. ไม้ไอศกรีม | 3 | บาท |
| 6. ไม้จิ้มฟัน | 2 | บาท |
| 7. เทปกาวยาง | 4 | บาท |
| 8. ดินน้ำมัน | 3 | บาท |

ปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์

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

เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่พบ

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

ความรู้ที่ต้องนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อมูลด้านโครงสร้างของพาหนะ

.....

แหล่งที่มา ระบุ.....

ข้อมูลด้านโครงสร้างการและการรับน้ำหนัก

.....

แหล่งที่มา ระบุ.....

แหล่งที่มา ระบุ

.....

ภาพร่างการออกแบบผลงาน

วิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์

คณิตศาสตร์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 1
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 2
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 3
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม
- ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม
- ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายชื่อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 1

ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ		
	1	2	3	4	5			ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก(r)	แปลผล
1	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.83	0.75	ตัดทิ้ง
2	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.85	0.74	ตัดทิ้ง
3	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.68	0.88	นำไปใช้
4	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.55	0.62	นำไปใช้
5	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.50	0.63	นำไปใช้
6	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.62	0.71	นำไปใช้
7	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.58	0.74	นำไปใช้
8	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.81	0.65	ตัดทิ้ง
9	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.85	0.74	ตัดทิ้ง
10	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.40	0.40	นำไปใช้
11	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.47	0.47	นำไปใช้
12	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.58	0.54	นำไปใช้
13	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.53	0.53	นำไปใช้
14	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.48	0.54	นำไปใช้

ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ(Reliability) Cronbach's Alpha Coefficient: α เท่ากับ 0.80

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายข้อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 2

ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ		
	1	2	3	4	5			ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก(r)	แปลผล
1	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.81	0.68	ตัดทิ้ง
2	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.83	0.65	ตัดทิ้ง
3	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.65	0.83	นำไปใช้
4	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.53	0.54	นำไปใช้
5	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.63	0.76	นำไปใช้
6	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.50	0.71	นำไปใช้
7	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.57	0.50	นำไปใช้
8	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.90	0.29	ตัดทิ้ง
9	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.88	0.60	ตัดทิ้ง
10	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.42	0.39	นำไปใช้
11	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.57	0.67	นำไปใช้
12	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.62	0.56	นำไปใช้
13	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.65	0.81	นำไปใช้
14	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.62	0.46	นำไปใช้

ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ(Reliability) Cronbach's Alpha Coefficient: α เท่ากับ 0.83

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) รายข้อของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม ฉบับที่ 3

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการประเมิน	ค่า			แปลผล
	1	2	3	4	5			ความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก(r)	ผลรวม	
1	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.80	0.65	ตัดทิ้ง	
2	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.83	0.62	ตัดทิ้ง	
3	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.63	0.83	นำไปใช้	
4	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.67	0.54	นำไปใช้	
5	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.50	0.81	นำไปใช้	
6	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.52	0.47	นำไปใช้	
7	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.67	0.63	นำไปใช้	
8	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.87	0.25	ตัดทิ้ง	
9	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.85	0.59	ตัดทิ้ง	
10	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.40	0.43	นำไปใช้	
11	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.60	0.57	นำไปใช้	
12	1	0	0	1	1	0.6	สอดคล้อง	0.57	0.56	นำไปใช้	
13	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.67	0.70	นำไปใช้	
14	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง	0.58	0.54	นำไปใช้	

ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ(Reliability) Cronbach's Alpha Coefficient: α เท่ากับ 0.81

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

รายการ ประเมิน	เกณฑ์การ ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5		
1	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
2	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
3	3	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	0	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
4	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
5	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	เกณฑ์การ ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5		
6	3	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	0	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
7	3	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	0	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
8	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
9	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
10	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
11	3	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	2	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	1	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	0	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) แบบประเมินความสามารถในการสร้างผลงาน
นวัตกรรม

ตาราง 19 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

คนที่	ผู้ประเมินคนที่ 1			ผู้ประเมินคนที่ 2			ผู้ประเมินคนที่ 3		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
1	7	7	5	7	6	5	7	7	4
2	7	7	5	8	8	5	8	8	5
3	5	6	3	5	7	3	4	6	3
4	6	6	3	5	7	4	5	7	3
5	7	5	4	7	6	4	6	6	4
6	5	6	6	5	6	6	5	5	5
7	8	10	5	7	10	5	8	10	5
8	6	6	3	7	6	4	7	7	3
9	6	4	4	6	4	4	7	4	3
10	6	5	3	6	4	3	7	5	2
11	7	6	4	6	6	3	6	5	3
12	9	7	5	8	7	5	8	8	5
13	6	4	3	6	5	4	6	4	3
14	6	6	4	6	6	5	6	5	5
15	7	5	3	7	5	3	7	6	3
16	7	8	5	7	8	6	7	8	6
17	6	7	4	5	8	4	5	8	3
18	7	6	3	7	6	3	7	6	3
19	5	5	3	6	6	3	6	5	3
20	3	6	4	3	7	4	3	6	4
21	6	6	3	6	6	4	7	6	4
22	7	7	3	7	8	3	7	8	4
23	5	6	3	5	6	3	4	7	3

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	ผู้ประเมินคนที่ 1			ผู้ประเมินคนที่ 2			ผู้ประเมินคนที่ 3		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
24	7	5	4	7	4	3	7	5	4
25	7	5	4	7	5	4	8	4	5
26	7	6	5	8	6	5	8	6	5
27	9	7	5	9	8	5	8	7	4
28	10	10	6	10	10	5	10	10	5
29	7	5	5	6	5	4	7	5	4
30	9	7	4	9	7	4	9	7	4

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการประเมินผลของผู้ประเมินทั้ง 3 หาค่าเฉลี่ยรวมของแต่ละด้าน
ดังตารางที่ 20

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยรวมรายด้านการประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

คนที่	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน (R_{nk})			คนที่	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน (R_{nk})		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3		ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
1	7.00	6.67	4.67	11	6.33	5.67	3.33
2	7.67	7.67	5.00	12	8.33	7.33	5.00
3	4.67	6.33	3.00	13	6.00	4.33	3.33
4	5.33	6.67	3.33	14	6.00	5.67	4.67
5	6.67	5.67	4.00	15	7.00	5.33	3.00
6	5.00	5.67	5.67	16	7.00	8.00	5.67
7	7.67	10.00	5.00	17	5.33	7.67	3.67
8	6.67	6.33	3.33	18	7.00	6.00	3.00
9	6.33	4.00	3.67	19	5.67	5.33	3.00
10	6.33	4.67	2.67	20	3.00	6.33	4.00

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน (R_{nk})			คนที่	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน (R_{nk})		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3		ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
21	6.33	6.00	3.67	26	7.67	6.00	5.00
22	7.00	7.67	3.33	27	8.67	7.33	4.67
23	4.67	6.33	3.00	28	10.00	10.00	5.33
24	7.00	4.67	3.67	29	6.67	5.00	4.33
25	7.33	4.67	4.33	30	9.00	7.00	4.00

จากนั้นทำการหาค่าเบี่ยงเบนของคะแนนการประเมินจากสูตรและหาค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนและรวมค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนทั้งหมด ดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนที่ได้จากผู้ประเมินทุกคน

คนที่	$ R_{1nk} - R_{nk} $			$ R_{2nk} - R_{nk} $			$ R_{3nk} - R_{nk} $		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
1	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33	0.67
2	0.67	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00
3	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.67	0.33	0.00
4	0.67	0.67	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33	0.33	0.33
5	0.33	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.33	0.00
6	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.67
7	0.33	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
8	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33
9	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.67
10	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33	0.67
11	0.67	0.33	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33
12	0.67	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00

ตาราง 21 (ต่อ)

คนที่	$ R_{1nk} - R_{nk} $			$ R_{2nk} - R_{nk} $			$ R_{3nk} - R_{nk} $		
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3
13	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.67	0.00	0.33	0.33
14	0.00	0.33	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.33
15	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67	0.00
16	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33
17	0.67	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.67	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00
20	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00
21	0.33	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.33
22	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67
23	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.67	0.00
24	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.67	0.00	0.33	0.33
25	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	0.67
26	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
27	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33	0.67
28	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33
29	0.33	0.00	0.67	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เมื่อคำนวณหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนเท่ากับ 76 เมื่อแทนค่าลงในสูตรการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้หลายตัว นักเรียนหลายคน และผู้ประเมินหลายคน

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \overline{R_{nk}}|}{KN(M-1)(I-1)}$$

$$RAI = 1 - \frac{76}{3(30)(3-1)(3-1)}$$

$$RAI = 0.79$$

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ
ตาราง 22 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กิจกรรมรถแข่งพลังลูกโป่ง							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1 สารสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.51	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กิจกรรมหอคอย							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1 สาระสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.41	เหมาะสมมาก

ตาราง 22 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กิจกรรมพื้นเอียง							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1สาระสำคัญสอดคล้องกับ							
จุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ							
จุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมี							
พัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับ							
กิจกรรม	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความ							
หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับ							
ผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง							
	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่							
หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.41	เหมาะสมมาก

ตาราง 22 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กิจกรรมจมน้ำหรือลอย							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1 สาระสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.60	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กิจกรรม Hydraulic arm							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1 สาระสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.46	เหมาะสมมาก

ตาราง 22 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง กิจกรรมสะพานแขวน							
1. รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้							
1.1 สาระสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 สื่อมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
2.2 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการสร้างผลงานนวัตกรรม	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	เหมาะสมมาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
3.1 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
3.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล							
4.1 มีการประเมินตามสภาพจริง	4	4	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4.2 ใช้วิธีวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4	5	5	4	4	4.40	เหมาะสมมาก
รวม						4.43	เหมาะสมมาก



ภาคผนวก ง

- คะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม
- คะแนนประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมผลงานนวัตกรรม

ตาราง 23 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงนวัตกรรม

คนที่	ระหว่าง			คนที่	ระหว่าง		หลัง
	ก่อนเรียน	เรียน	หลังเรียน		ก่อนเรียน	เรียน	
1	9	11	13	16	9	11	13
2	10	12	14	17	7	9	10
3	10	12	14	18	9	10	12
4	10	12	14	19	7	8	10
5	8	10	12	20	8	9	11
6	8	10	12	21	12	14	17
7	8	11	13	22	9	10	12
8	10	12	14	23	11	14	16
9	8	9	10	24	10	11	13
10	10	12	14	25	10	12	15
11	9	11	13	26	9	11	13
12	10	13	15	27	12	14	17
13	8	10	12	28	7	9	11
14	11	13	15	29	8	11	12
15	9	11	13	30	7	8	10

ตาราง 24 คะแนนประเมินความสามารถในการสร้างผลงานนวัตกรรม

คนที่	คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน				คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน			
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	รวม	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	รวม
1	7.67	6.67	5.33	19.67	8.00	7.33	5.33	20.67
2	7.67	7.67	5.00	20.33	8.00	8.00	5.67	21.67
3	6.33	7.00	3.67	17.00	7.00	7.67	4.33	19.00
4	5.33	7.00	4.67	17.00	6.00	8.00	5.67	19.67
5	6.67	5.67	4.00	16.33	7.33	7.33	5.67	20.33
6	5.67	6.00	6.00	17.67	5.67	6.67	6.00	18.33
7	7.67	8.67	5.00	21.33	8.00	8.67	6.00	22.67
8	6.67	7.00	3.33	17.00	7.00	7.67	5.33	20.00
9	6.33	4.67	3.67	14.67	6.33	6.67	5.67	18.67
10	6.33	6.67	3.33	16.33	6.33	6.67	4.00	17.00
11	6.33	5.67	3.33	15.33	6.33	6.67	5.00	18.00
12	8.33	7.33	5.00	20.67	8.33	7.33	6.00	21.67
13	6.00	5.67	3.33	15.00	7.00	6.67	5.33	19.00
14	6.00	5.67	4.67	16.33	6.67	7.33	6.00	20.00
15	7.00	5.33	3.00	15.33	7.00	6.33	4.33	17.67
16	7.00	8.00	5.67	20.67	7.33	7.67	6.00	21.00
17	6.67	7.67	3.67	18.00	6.67	7.67	4.67	19.00
18	7.00	6.00	3.00	16.00	7.67	6.67	3.67	18.00
19	5.67	5.33	3.00	14.00	5.67	5.33	3.67	14.67
20	5.67	6.33	4.00	16.00	5.67	6.67	4.33	16.67
21	6.33	6.00	3.67	16.00	6.33	6.00	5.33	17.67
22	7.00	7.67	3.33	18.00	7.00	8.00	4.33	19.33
23	4.67	6.33	3.00	14.00	5.00	7.00	4.00	16.00

ตาราง 24 (ต่อ)

คนที่	คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน				คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน			
	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	รวม	ด้าน1	ด้าน2	ด้าน3	รวม
24	7.00	5.33	3.67	16.00	7.00	7.33	5.00	19.33
25	7.33	5.33	4.33	17.00	7.67	6.33	4.67	18.67
26	7.67	6.00	5.00	18.67	8.00	6.67	5.00	19.67
27	8.67	7.33	4.67	20.67	9.33	8.00	5.67	23.00
28	10.00	8.67	5.33	24.00	10.00	8.67	6.00	24.67
29	6.67	5.00	4.33	16.00	8.00	8.00	5.67	21.67
30	8.67	8.00	4.67	21.33	8.67	8.00	6.00	22.67

ภาคผนวก จ

- ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
- ตัวอย่างผลงานนักเรียน



การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ภาพกิจกรรม

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้



ภาพประกอบ 8 กิจกรรมการเรียนรู้

การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ภาพกิจกรรม

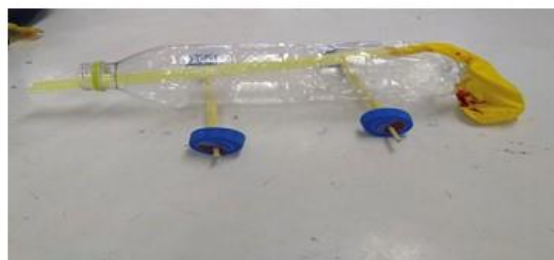
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้



การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ภาพผลงานนักเรียน

ผลงานนักเรียน



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างผลงานนักเรียน

**การพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**

ภาพผลงานนักเรียน

ผลงานนักเรียน

ชื่อผลงาน STEM fan



วัตถุประสงค์
นักเรียนผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างนวัตกรรมของตนเองได้

องค์ความรู้ที่ใช้ในการออกแบบ
ความรู้เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า และการทำงานของมอเตอร์

วัสดุอุปกรณ์

1. มอเตอร์ไฟฟ้า	1 ชิ้น
2. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
3. แบตเตอรี่ 1.5V	1 ชิ้น
4. มอเตอร์ไฟฟ้า	1 ชิ้น
5. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
6. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
7. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
8. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
9. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
10. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
11. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น
12. สายไฟ 1.5mm x 1.5mm x 1.5m	1 ชิ้น

ข้อควรระวัง
1. ห้ามใช้มือสัมผัสกับสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
2. ห้ามใช้มือสัมผัสกับมอเตอร์ที่กำลังทำงานอยู่

หมอนบรรเทาทุกข์

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสิ่งที่จะอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุที่มีอาการปวดหลังและปวดเข่า โดยใช้หมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่าที่เกิดจากอาการเสื่อมของกระดูกสันหลังและข้อต่อกระดูกสันหลัง

องค์ความรู้ที่ใช้ในการออกแบบ

จะใช้อุปกรณ์ของ STEM ทั้ง 4 ด้าน มาใช้คือ
1) วิทยาศาสตร์ คือ การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า
2) เทคโนโลยี คือ การนำวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษมาใช้ในการผลิตหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า
3) วิศวกรรม คือ การนำความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่ามาใช้ในการออกแบบและสร้างหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า
4) คณิตศาสตร์ คือ การนำความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตมาใช้ในการออกแบบและสร้างหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า

วัสดุอุปกรณ์

1) หมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า 2) วัสดุอุปกรณ์ 3) วัสดุอุปกรณ์ 4) วัสดุอุปกรณ์ 5) วัสดุอุปกรณ์ 6) วัสดุอุปกรณ์ 7) วัสดุอุปกรณ์ 8) วัสดุอุปกรณ์ 9) วัสดุอุปกรณ์ 10) วัสดุอุปกรณ์ 11) วัสดุอุปกรณ์ 12) วัสดุอุปกรณ์

ขั้นตอนการทำ

- 1) วาดร่างแบบหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า
- 2) หลังจากนั้นก็ตัดวัสดุอุปกรณ์ตามแบบหมอน
- 3) วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในส่วนที่ออกแบบแล้ว
- 4) ทดลองใช้หมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า
- 5) การนำนวัตกรรมหมอนบรรเทาอาการปวดหลังและปวดเข่า มาใช้งานจริง

production

เรือลอยน้ำแบบจะลอยไปไหนก็ได้



MATERIAL

- 1: กะละมัง
- 2: กล้องพลาสติก
- 3: โปสเตอร์
- 4: เครื่องยาง (ฝา)
- 5: กาวสองหน้า
- 6: เทป
- 7: ขวนน้ำ
- 8: สบดำขุ่น

SOLUTION

- 1: นำกะละมัง มาเจาะรูตรงกลางให้พอดีกับกล้องพลาสติกและนำกล้องพลาสติกใส่เข้าไปในรูที่เจาะไว้
- 2: นำขวนน้ำมาขันบนแปรงธรรมดานำกล้องใส่เข้าไปให้ทั่วเพื่อป้องกันน้ำรั่ว และเอาเทปพันให้ทั่วเพื่อความแข็งแรง
- 3: เอาภาชนะที่นำขวนน้ำไปขันขวนน้ำ ที่ข 6 ขวด
- 4: เอาขวนของขวดที่ขันขวนน้ำไปขันติดกับขวนเรือ เพื่อความสะดวก

principle

หลัก : หลักการของเครื่องยนต์ - ขวนน้ำ
การคำนวณทางคณิตศาสตร์
วิศวกรรม - การคำนวณของเครื่องยนต์และไฟฟ้า
เทคโนโลยี - เอาหลักการต่างๆ มาประยุกต์ใช้จนเป็นเทคโนโลยี

เครื่องดูดฝุ่น HAND MADE



ประโยชน์ที่นาน

1. ช่วยลดเวลาในการทำความสะอาด
2. กำจัดฝุ่นที่อยู่ในซอกที่หยิบได้
3. จัดเก็บสะดวก

แนวคิด นวัตกรรม

สาเหตุที่คิดค้น เพราะฝุ่นในบ้านมีขนาดเล็กยากต่อการทำความสะอาด จึงคิดค้นเครื่องดูดฝุ่นนี้ขึ้นมา

ขั้นตอนการทำ

1. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
2. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
3. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
4. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
5. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
6. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
7. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
8. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
9. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
10. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
11. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ
12. นำวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด มาประกอบเป็นชิ้นๆ

หลักการวิทยาศาสตร์

● ไฟฟ้าจากสารเคมีส่งมาที่มอเตอร์ทำให้ใบพัดหมุนและสามารถดูดฝุ่นได้

ใหม่ แปลกใหม่ แตกต่าง ใช้ประโยชน์ได้จริง

ภาพประกอบ 9 (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จารุกิตติ์ ชินนระราช
วัน เดือน ปี เกิด	2 มิถุนายน 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	55/392 ซอยเอกชัย 32 แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กทม 10150

