



ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENCE
LEARNING ACHIEVEMENT OF GRADE 3 STUDENTS

มณฑนา แจ่มกระจ่าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENCE
LEARNING ACHIEVEMENT OF GRADE 3 STUDENTS



MANTHANA CHAENGKRACHANG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ของ

มัทนา แจ่มกระจ่าง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกษ์ประมวล)

ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกษ์ประมวล)

ชื่อเรื่อง	ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	มัณฑนา แจ่มกระจ่าง
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พุกษ์ประมุข

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและ 2) ศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี จำนวน 30 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นแบบ One group pretest – posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานบนโลกของเรา โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่และร้อยละของภาพรวมจำนวนนักเรียนตามระดับ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังเรียน และสถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาหลังเรียน ($M = 16.80$, $S.D. = 3.74$) สูงวก่ก่อนเรียน ($M = 9.96$, $S.D. = 3.06$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 9.69$, $p = .001$) และเมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 องค์ประกอบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดย 1) องค์ประกอบความคิดคล่องแคล่วนักเรียนมีพัฒนาการที่ระดับต้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 66.6 2) องค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น นักเรียนนักเรียนมีพัฒนาการระดับต้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40 และ 3) องค์ประกอบความคิดริเริ่ม นักเรียนมีพัฒนาการระดับกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.67 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ($M = 21.00$, $S.D. = 1.14$) คิดเป็นร้อยละ 70 และสูงกว่าก่อนเรียน ($M = 12.30$, $S.D. = 3.11$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.82$, $p = .001$) ตามลำดับ

คำสำคัญ : ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, สะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Title	THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT OF GRADE 3 STUDENTS
Author	MANTHANA CHAENGKRACHANG
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

This aims of this study are as follows: (1) to examine the development of scientific creativity among third-grade students through the implementation of STEAM education; and (2) to investigate the effects of using STEAM education on the science learning achievement of third-grade students. The samples were 30 third-grade students from the second semester of the 2023 academic year at a demonstration school in Bangkok and selected through cluster sampling. This research was a pre-experimental design, specifically the one-group pre-post-test design. The research instruments used in this study were as follows: (1) science lesson plans on the topic of "Energy on Our Planet" utilizing STEAM education; (2) scientific creativity tests; and (3) a science learning achievement test. The data were analyzed using mean, standard deviation, frequency, and percentage to summarize the overall levels of scientific creativity before and after learning. A t-test for dependent samples was employed to test the statistical significance. The overall mean score on scientific creativity after learning with STEAM education ($M = 16.80$, $S.D. = 3.74$) was higher than before learning ($M = 9.96$, $S.D. = 3.06$) at a .05 level of statistical significance ($t = 9.69$, $p = .001$). The three components of scientific creativity included (1) fluency: fluency scores significantly improved, with the highest proportion of students at the beginning level (66.67%); (2) flexibility: the students showed the highest proportion at the beginning level (40%); and (3) originality: the majority of students were at the intermediate level (36.67%). Science learning achievement post-test mean score ($M = 21.00$, $S.D. = 1.47$) significantly increased, representing 70% of the total score, and higher than the pre-test one ($M = 12.30$, $S.D. = 3.11$) with a statistical significance of .05 level ($t = 11.82$, $p = .001$).

Keyword : Scientific creativity, STEAM education, Learning achievement

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกฤษ์ประมุล ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาในการทำวิจัย คอยตรวจสอบข้อบกพร่องของงานวิจัย อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับงานวิจัยทั้งปวง รวมไปถึงการให้กำลังใจนิสิตตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งงานวิจัยเสร็จเรียบร้อยไปด้วยดี ผู้วิจัยต้องกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกฤษ์ประมุล ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์มาเป็นประธานและกรรมการให้การสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนเล่มปริญญานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนัช วัฒนสุภิญญา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย โดยได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอกราบขอพระคุณท่านผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และคุณครูโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (ประถม) ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือและขอขอบคุณนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

มัทนา แจ่มกระจ่าง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
คำถามการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ประชากร.....	7
กลุ่มตัวอย่าง.....	7
ตัวแปรที่ศึกษา.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	9
สมมติฐานการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	12
1.2 ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	13

1.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	14
1.4 การจัดการเรียนรู้ที่เสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	23
1.5 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	30
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	40
2.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	40
2.2 พฤติกรรมการเรียนรู้	40
2.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	42
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	45
3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	45
3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	47
3.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	48
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	53
1. การกำหนดแบบแผนการวิจัย	53
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	54
ประชากร	54
กลุ่มตัวอย่าง	54
3. การพัฒนาเครื่องมือวิจัย	54
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	65
5. การวิเคราะห์ข้อมูล	65
6. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์	70
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	71

1. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.....	71
2. ผลการวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของภาพรวมจำนวนนักเรียนตามระดับความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	72
3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3	91
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากแบบวัดคูขนาน.....	92
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย	93
ความมุ่งหมายของการวิจัย	93
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	93
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	94
สรุปผลการวิจัย	95
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	101
บรรณานุกรม.....	103
ภาคผนวก.....	118
ภาคผนวก ก	119
ภาคผนวก ข.....	127
ภาคผนวก ค	149
ประวัติผู้เขียน.....	184

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	34
ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	35
ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	36
ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้.....	37
ตาราง 5 แบบแผนการวิจัย.....	53
ตาราง 6 ตารางแผนการจัดการเรียนรู้.....	55
ตาราง 7 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	56
ตาราง 8 ตัวอย่างคำถามก่อนเรียนและหลังเรียน.....	59
ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์จากแนวคิด ของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014).....	60
ตาราง 10 วิเคราะห์ข้อสอบ เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา.....	63
ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	71
ตาราง 12 วิเคราะห์จำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความสามารถ.....	72
ตาราง 13 ภาพรวมการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	73
ตาราง 14 ระดับความสามารถของความคิดคล่องแคล่ว.....	74
ตาราง 15 ระดับความสามารถของความคิดยืดหยุ่น.....	77
ตาราง 16 ระดับความสามารถของความคิดริเริ่ม.....	81
ตาราง 17 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กังหันพลังจืด.....	84
ตาราง 18 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์.....	85

ตาราง 19 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 บำบัดรักษาพลังงาน.....	86
ตาราง 20 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดคล่องแคล่วก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	88
ตาราง 21 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดยืดหยุ่นก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	89
ตาราง 22 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดริเริ่มก่อนและหลังได้รับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	90
ตาราง 23 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	91
ตาราง 24 ผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษา.....	92
ตาราง 25 การวิเคราะห์ ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.....	128
ตาราง 26 วิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญของแบบ วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	134
ตาราง 27 การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	134
ตาราง 28 การวิเคราะห์ ค่า IOC ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	135
ตาราง 29 การวิเคราะห์ ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	137
ตาราง 30 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation)	148

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	10
ภาพประกอบ 2 โครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM)	22
ภาพประกอบ 3 คำถามวัดองค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม	31
ภาพประกอบ 4 คำถามวัดองค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม	32
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถจากระดับต่ำไปปานกลาง	75
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถจากระดับปานกลางไปสูง	76
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถจากระดับปรับปรุงไปสูง	77
ภาพประกอบ 8 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำไปปานกลาง	78
ภาพประกอบ 9 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำไปสูง	79
ภาพประกอบ 10 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงไประดับปานกลาง	80
ภาพประกอบ 11 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำไปสูง	82
ภาพประกอบ 12 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงไปปานกลาง	82
ภาพประกอบ 13 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงไปต่ำ	83

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันโลกได้มีการเปลี่ยนแปลงและก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วส่งผลต่อการใช้ชีวิตและการทำงานของมนุษย์เป็นอย่างมาก มนุษย์ในฐานะพลเมืองของโลกจึงควรได้รับการพัฒนาเพื่อให้รู้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงและสามารถดำเนินชีวิตภายใต้การเปลี่ยนแปลงที่เป็นพลวัต การพัฒนาคนจึงเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักที่ทุกประเทศต่างให้ความสำคัญ เพราะคนคือปัจจัยที่แสดงถึงความสำเร็จของการพัฒนาประเทศ เช่นเดียวกับประเทศไทยที่ได้มุ่งเน้นการพัฒนาพลเมืองของประเทศ โดยให้ความสำคัญต่อการส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ซึ่งถือเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญด้านการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development) ได้ระบุความคิดสร้างสรรค์ไว้ในกรอบโดยถือเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ หากประเทศใดสามารถดึงดูดศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของพลเมืองออกมาใช้ได้เกิดประโยชน์มากเท่าใดประเทศนั้นจะยิ่งเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ ตามไปด้วย (Kristoffer et al., 2011; ยรรยงค์ ณ บางช้าง และประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2562; อารี รังสินนท์, 2532) อีกทั้ง ความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นสมรรถนะหนึ่งที่ยาวชนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (OECD, 2022) เนื่องจากโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้ที่จะมีส่วนร่วมในการสร้างแนวคิดหรือสะท้อนแนวคิดออกมาซึ่งสำคัญไม่น้อยไปกว่าการอ่านออกเขียนได้ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นทักษะที่จำเป็นและสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยทุกคนต่างมีความคิดสร้างสรรค์เป็นของตนเองแต่เมื่อเติบโตขึ้นจะมีสิ่งต่าง ๆ มากมายที่ส่งผลทำให้ความคิดสร้างสรรค์ได้รับการพัฒนาหรืออาจค่อย ๆ หายไประหว่างทางได้แก่ การเลี้ยงดู สภาพแวดล้อมหรือระบบการศึกษาที่แตกต่างกันตามที่ได้แต่ละคนได้รับ (Robinson, 2015) นอกจากนี้ ความคิดสร้างสรรค์ยังถูกจัดให้อยู่ในกรอบประเมิน PISA (Programme for International Student Assessment) ในปี ค.ศ. 2022 ที่นอกจากการประเมินความฉลาดรู้ ด้านการอ่าน (Reading Literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) การประเมิน PISA ในปี 2022 ได้เพิ่มการประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) เข้ามาด้วยเพื่อศึกษาความสามารถ

ของผู้เรียนกับการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมความคิดหรือการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565)

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้ในทุกสาขาวิชาไม่ใช่เฉพาะวิชาศิลปะเท่านั้น โดย Kind and Kind (2007) ได้เสนอว่าแต่ละวิชาควรที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองออกมา ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในวิชาที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผนวกเข้ากับองค์ความรู้พื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น (Akerson et al., 2000; กรมวิชาการ, 2544) สอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาผู้เรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นพัฒนาการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดแก้ปัญหาผ่านกระบวนการเรียนรู้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ผ่านจินตนาการของแต่ละบุคคล (Gordon, 1961; ดร.ณภัพ เพ็ชรจัด, 2564; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) โดยการนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ร่วมกับความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Hu et al., 2010) และจากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยหลายงานที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมายไว้ว่าหมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนโดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างสิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมานำมาใช้ในการออกแบบการทดลองการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอย่างสร้างสรรค์หลากหลายวิธีรวมไปถึงการต่อยอดจากสิ่งที่มีอยู่ให้สมบูรณ์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง (Ayas & Sak, 2014; Chin & Siew, 2015; Hu et al., 2013; Raj & Saxena, 2021; Siew et al., 2014; Suyidno et al., 2018) โดยผู้เรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริงด้วยวิธีการที่หลากหลายมากขึ้น (Blašková, 2014; Dhir, 2014; Einstein, 1938; Greiff et al., 2014; Latuconsina, 2014; OECD, 2014) นอกจากนี้ Moravcsik (1981) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันอีกด้วย

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นความสามารถเฉพาะบุคคลในการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ การกำหนดสมมติฐาน การทดลอง การแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับจินตนาการทำให้เกิดนวัตกรรมและทฤษฎีใหม่ ๆ ขึ้น ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกแบ่งตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ (Torrance, 1990) ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว คือ ความสามารถในการ

คิดคำตอบได้อย่างรวดเร็วได้ปริมาณหรือจำนวนของคำตอบหรือวิธีการที่มากในเวลาจำกัด ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่ได้ปริมาณหรือจำนวนความคิดที่สามารถจัดเป็นกลุ่มหรือประเภทได้อย่างหลากหลาย ความคิดริเริ่ม คือ ความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากของเดิมและมีประโยชน์ ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ และความคิดละเอียดลออ คือ ความสามารถในการคิดจากการมองไปถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่คนอื่นอาจจะมองข้ามไป ซึ่งจากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายได้นำองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบไปใช้ทำการศึกษา และคณะ, 2564) ส่วนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นจะทำการศึกษาเพียง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม เนื่องจากความคิดละเอียดลออต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เรียนในการช่วยเสริมหรือเพิ่มเติมให้ความคิดมีความสมบูรณ์มากขึ้น (Lin et al., 2003; Lubart, 1994; McCormack & Yager, 1989; อมรรัตน์ จำปาวัตตะ และคณะ, 2562) ทั้งนี้ การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรเริ่มพัฒนาให้กับผู้เรียนตั้งแต่เยาว์วัย ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) ในขั้นที่ 4 คือ ขั้นการคิดอย่างเหตุผลและเป็นรูปธรรม (Concrete Operation Stage) พบว่า เด็กอายุ 7-11 ปี หรือผู้เรียนในระดับประถมศึกษาสามารถสร้างจินตนาการจากความคิดและใช้เหตุผลในการตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ ได้ เพราะเป็นช่วงวัยที่เด็กมีจินตนาการสูงส่งผลให้ศักยภาพความคิดสร้างสรรค์ของเด็กกำลังพัฒนาได้ดี

อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนในระดับประถมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พบงานวิจัยหลายงานที่สะท้อนถึงปัญหาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ดังงานวิจัยของภวดีวิรัช ธีญวัฒน์ยั้ง (2558) ที่ได้ทำการศึกษาคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และสุทธิดา วงศาเม้ง (2559) ได้ทำการศึกษาคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนยังคงมีปัญหาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเลือกที่จะไม่คิดแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่เลือกที่จะทำตามแบบหรือปฏิบัติตามคำสั่งของครูรวมไปถึงการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวมากกว่าการคิดหาคำตอบที่หลากหลายทิศทาง สำหรับงานวิจัยในระดับประถมศึกษาตอนต้น

ปัทมา จงลือชา (2565) ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงออกแบบและสร้างผลงานภายใต้กรอบแนวคิดเดิมไม่มีการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่ซึ่งปัญหาจากงานวิจัยสอดคล้องกับประสบการณ์จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในกลุ่มที่ผู้วิจัยรับผิดชอบ พบว่า เมื่อนักเรียนแสดงความคิดเห็นในประเด็นใด ๆ นักเรียนยังไม่กล้าแสดงออกทางความคิดที่หลากหลายหรือแปลกใหม่ไปจากเดิมมากนักและคำตอบหรือคำอธิบายของนักเรียนค่อนข้างจะไม่เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และจากการที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนตอบคำถามจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนตามองค์ประกอบ 3 ด้าน พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนยังไม่สามารถสะท้อนความคิดที่แตกต่างจากกันได้มาก คำตอบที่ได้ส่วนใหญ่เป็นแนวคำตอบที่เหมือนหรือคล้ายกันตามหลักการทางวิทยาศาสตร์จึงสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่ผ่านมาอาจยังไม่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการหาความรู้ใหม่ ๆ และใช้แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสร้างสรรค์ (Hu & Adey, 2002; Siew et al., 2014) โดยการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาจะต้องคำนึงถึงกระบวนการคิด พัฒนาการและพฤติกรรม การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของชั้นเรียน เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เร็วกับผู้เรียนที่มีประสบการณ์มีความรู้และมีความรวดเร็วในการหาวิธีการแก้ปัญหา (Aris & Stuewer, 1983; ปัทมา จงลือชา, 2565) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงควรเริ่มตั้งแต่การปรับปรุงรูปแบบแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกกระบวนการหาคำตอบและใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีให้เกิดประโยชน์และใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง (Gupta & Sharma, 2016; Hanifah et al., 2020) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้นักเรียนนั้นเกิดความท้าทายกับปัญหาและกล้าแสดงออกทางความคิดให้ได้มากที่สุด (Lalimay, 2563; อารี พันธุ์มณี, 2557) นอกจากนี้ การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังคงเป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลจากความสามารถของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ และสามารถใช้องค์ความรู้ทางการเรียนไปใช้ในการ

แก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ชนัญดา ภูโปรง, 2560; ธัญชนก ทาระเนตร, 2564; ภิญญะ วงษ์ทอง, 2561) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ควรมีกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการมากกว่าการท่องจำเนื้อหาและให้ความสำคัญกับการนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้พัฒนาได้จริง (โอปอ กลับลกุล, 2562)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (สมรัก อินทวิมลศรี et al., 2562) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ (ภิญญะ วงษ์ทอง, 2561) โดยหลายงานวิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ในการพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Siew & Ambo, 2020; ปัทมา จงลือชา, 2565; วรณพร สิงห์บุญ และคณะ, 2564; วาสนา รติจำเริญ และอิสรา พลนงค์, 2564) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีรากฐานมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ (Madden et al., 2013) เข้าด้วยกัน สะเต็มศึกษาได้มีการเพิ่มศิลปะที่เป็นพื้นฐานของหลาย ๆ วิชาเข้าไปร่วมบูรณาการ โดย Yakman (2008) ได้อธิบายว่าการเพิ่มศิลปะเข้าไปใน STEM ช่วยให้การเรียนรู้มีมิติที่หลากหลายขึ้นซึ่งรวมไปถึงการสร้างสรรค์ผลงานที่มีความสวยงาม ความพึงพอใจ ความสามารถในการสื่อแนวคิด การประยุกต์ใช้เทคนิคในการออกแบบและนวัตกรรม นอกจากนี้ ศิลปะไม่ได้หมายถึงแค่การวาดภาพหรือสร้างงานศิลป์แต่ยังรวมถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การบูรณาการในการแก้ปัญหา (Land, 2013) ดังนั้น ศิลปะจึงเข้ามาเพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบประดิษฐ์ชิ้นงาน อีกทั้งส่งเสริมกระบวนการคิดที่เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ทั้งในด้านศาสตร์และศิลป์มาบูรณาการเข้าด้วยกันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) มีสถานการณ์ที่นำไปสู่การแก้ปัญหา 2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางแก้ปัญหา และ 3) มีขั้นตอนที่ท้าทายทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (Yakman, 2008) และสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมไปถึงการใช้ศิลปะมาประยุกต์ใช้และพัฒนาชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์แบบสอดคล้องกับ Riley (2012) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีขั้นตอนที่ช่วยกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ในการเรียนวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปด้วยกัน ทั้งนี้ ศิลปะในการจัดการเรียนรู้

ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยกระตุ้นจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมาใช้ในการวาดภาพออกแบบชิ้นงานให้เกิดความสวยงาม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ถูกนำมาปรับใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจึงเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยสนใจในการนำมาใช้พัฒนานักเรียนในการทำวิจัยครั้งนี้

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) มาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีพัฒนาความคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พลังงานบนโลกของเรา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีเนื้อหาใกล้ตัวกับผู้เรียน อีกทั้งในปัจจุบันการพัฒนาประเทศในด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญมากขึ้นในเรื่องของการเลือกใช้พลังงานสามารถนำความรู้ที่มีมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของตนเองได้และเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจได้นำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้เติบโตเป็นกำลังสำคัญของประเทศไทยในด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
2. เพื่อศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้หรือไม่ อย่างไร

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี นักเรียน 3 ห้องเรียน จำนวน 98 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยเลือกสุ่มมา 1 ห้องเรียน จาก 3 ห้องเรียน เนื่องจากนักเรียนทั้ง 3 ห้องเรียน ได้รับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education)

ตัวแปรตาม

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบบูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ในรูปแบบการบูรณาการ Interdisciplinary แบบ infusion โดยเน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัตินำไปสู่การเชื่อมโยงองค์ความรู้ผ่านการออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน (Riley, 2016) ดังนี้

1. **ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)** เป็นขั้นที่ครูนำเสนอสถานการณ์ เหตุการณ์หรือประเด็นปัญหาเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสถานการณ์เพื่อระบุคำถามสำคัญ (Essential Question) ที่ต้องการหาคำตอบหรือแก้ไขจากสถานการณ์ที่นำเสนอ

2. **ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)** เป็นขั้นที่นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์หรือคำถามสำคัญ โดยใช้ความรู้เดิมและทักษะกระบวนการที่นักเรียนมีหรือจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อหารายละเอียดหรือองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของปัญหา

3. **ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)** เป็นขั้นที่นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการตอบคำถามสำคัญหรือแนวทางแก้ไขปัญห ด้วยวิธีการต่าง ๆ จากนั้นเลือกวัสดุแนวทางหรือวิธีการที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยครูช่วยเสริมความรู้และทักษะที่ยังไม่เพียงพอให้กับนักเรียน

4. **ขั้นประยุกต์ (Application)** เป็นขั้นที่นักเรียนวาดภาพออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานให้เหมาะสม สวยงามในรูปแบบที่นักเรียนพึงพอใจตามแนวทางหรือวิธีการที่เลือกไว้ โดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการที่ได้จากการค้นคว้าและการเสริมความรู้และทักษะจากครูผู้สอน

5. **ขั้นนำเสนอ (Presentation)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสาธิต บทบาทสมมติ และทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยครูและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน

6. **ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation and Improvement)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ได้ จากขั้นนำเสนอมาสะท้อนภายในกลุ่มและปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเองตามข้อเสนอแนะเพื่อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นหรือสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น จากนั้นสะท้อนคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) หมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนที่แสดงออกมา โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแก้ปัญหา หรือการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดที่มีความแปลกใหม่ หลายทิศทาง มีคำตอบหรือวิธีการหลากหลาย แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) ดังนี้

1. **ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency)** หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลของการคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว จากจำนวนแนวคิดที่แตกต่าง

2. **ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)** หมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนของการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย จากจำนวนประเภทของแนวคิด

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดที่มีลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดของคนอื่นซึ่งพิจารณาจากชิ้นงาน โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีประโยชน์ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ในตัวผู้เรียน จากความเป็นเอกลักษณ์ของแนวคิดที่ผลิตเมื่อเทียบกับคำตอบทั้งหมด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากการเรียนการสอนไปประยุกต์ใช้ โดยวัดจากคะแนนที่ผู้เรียนได้รับการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พลังงานบนโลกของเรา ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยวัดจากพฤติกรรมของผู้เรียน 3 ด้าน ดังนี้

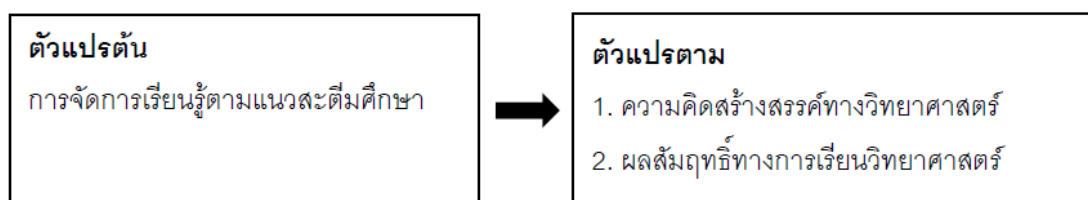
1. ด้านความรู้ - ความจำ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เช่น กฎ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง การศึกษาของตนเอง
3. การประยุกต์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำไปใช้เป็นกระบวนการที่ได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

กรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (วรรณพร สิงห์บุญ และคณะ 2564) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (นฤมล กุลสืบ, 2563; พัทมาอัสวโน ตาเย๊ะ และคณะ, 2017; ภิญญู วงษ์ทอง, 2561) โดยผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นช่วงวัยที่ควรพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีความต่อเนื่องควบคู่ไปกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หากผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้จะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามไปด้วย (Kamonjo, 2015; ธัญชนก ทาระเนตร, 2564; บุศญา แก้วแพทย์, 2563)

ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ผู้วิจัยได้พิจารณาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ระดับที่ดีขึ้น พบว่า งานวิจัยของปัทมา จงลือชา (2565) ได้ทำการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามแนวสะเต็มศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกำหนดเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 นอกจากนี้จากการศึกษาเกณฑ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งที่เป็นสถานศึกษาของกลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยที่ได้กำหนดเกณฑ์ตามแนวทางการประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษา (2551) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสมมติฐานการวิจัย โดยกำหนดเกณฑ์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีคะแนนผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนและมีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงขึ้น
3. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนและมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.2 ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.4 การจัดการเรียนรู้ที่เสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.5 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2 พฤติกรรมการเรียนรู้
 - 2.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.4 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ นักการศึกษาและนักวิจัยได้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Guilford (1967) ได้กำหนดความคิดสร้างสรรค์ในบริบทของแบบจำลองโครงสร้างของสติปัญญา (Structure of Intellect หรือ SI) ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1967 โดยแบบจำลองนี้อธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ในรูปแบบที่ซับซ้อนและหลายมิติ ซึ่งต่างจากทฤษฎีที่เน้นการวัดความฉลาดในมิติเดียว เช่น IQ และเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่พัฒนาได้ผ่านการฝึกฝนและการศึกษา ต่อมา Hu and Adey (2002) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงความคิดสร้างสรรค์เข้ากับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) การพิจารณามิติของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย มิติของผลิตภัณฑ์มิติด้านคุณลักษณะและมิติของกระบวนการ ซึ่งทั้ง 3 มิติ สามารถนำมาใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ 1) ทักษะในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ 2) ทักษะการพัฒนาการทดลองอย่างสร้างสรรค์ 3) ทักษะในการเข้าใจปรากฏการณ์ 4) การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 5) ทักษะการตั้งคำถามอย่างสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 6) ความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์และ 7) ความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างสรรค์ (Hu et al., 2013; Suyidno et al., 2018) Siew et al. (2014) กล่าวว่า การผสมผสานความคิดสร้างสรรค์เข้ากับวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ โดยการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา นักเรียนควรได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของเป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 และเป็นเป้าหมายหนึ่งในการพัฒนาความสามารถในการคิดของนักเรียนที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 เพื่อเตรียมพร้อมให้นักเรียนสามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมในการเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อนและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์และใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การพัฒนาที่ดีขึ้นกว่า (บุศญา แก้วแพทย์, 2563)

อย่างไรก็ตาม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั่วโลกและยังเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญในการพัฒนานวัตกรรมและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอีกด้วย (UNESCO, 2017)

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานของการพัฒนามนุษย์ผ่านการฝึกฝนและการเรียนรู้ ซึ่งวิชาวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์สามารถเชื่อมโยงเข้าด้วยกันได้ เรียกใหม่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนานักเรียนอีกด้วย

1.2 ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป โดยการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเชื่อมโยงให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีลำดับขั้นตอนหรือแสดงออกทางพฤติกรรมในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ โดยนักการศึกษาและนักวิจัยได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดหลายทิศทาง มีลักษณะเป็นความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) เพื่อให้ได้มาซึ่งการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (Madden et al., 2013) โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการตั้งคำถาม ทดลอง ค้นหาคำตอบและการแสดงออกทางความคิดสร้างสรรค์นั้นจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hu & Adey, 2002; Siew et al., 2014) สอดคล้องกับ Feist (2011) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจะแสดงออกมาทางความคิดหรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) ที่มีทั้งความใหม่ (Novel) และเป็นประโยชน์ (Useful) แตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปที่เป็นเพียงความคิดที่ไร้ขอบเขตโดยไม่จำเป็นต้องนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องที่สะท้อนถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาจึงสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่หลากหลายทิศทางของนักเรียนที่แสดงออกมาโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในแก้ปัญหาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีองค์ประกอบพื้นฐานจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปที่ถูกนำมาใช้ในการประเมิน โดยนักการศึกษาได้ให้องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

Guilford (1967) ได้เสนอองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามอธิบายทฤษฎีแบบจำลองโครงสร้างของสติปัญญา (Structure of Intellect หรือ SI) และพบว่าโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของมนุษย์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีเหตุมีผลและสามารถแก้ไขปัญหาได้จะมีลักษณะแบ่งออกเป็น 3 มิติ ได้แก่

มิติที่ 1 เนื้อหา (Contents) เป็นข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในการคิด โดยมีรูปแบบของข้อมูล ดังนี้

1. ภาษา (Semantic) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปถ้อยคำหรือตัวอักษรที่มีความหมายในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่หลายภาษาที่แตกต่างกันออกไปตามเชื้อชาติเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการสื่อสารทำให้เกิดความเข้าใจระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร นอกจากนี้ภาษาในที่นี้ยังหมายถึงภาษาที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบของถ้อยคำหรือตัวอักษรแต่อาจอยู่ในลักษณะอื่น ๆ เช่น ภาษาใบซึ่งเป็นการใช้ท่าทางแสดงสิ่งที่ต้องการสื่อสารออกมาหรือภาษาท่าทางที่เกิดขึ้นจากการสังเกตลักษณะบนใบหน้าที่ต้องการสื่อความหมายออกมาให้ผู้รับสารทราบว่าจะต้องทำอะไรจึงจะเป็นการตอบสนองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากผู้ส่งสาร

2. ภาพ (Figural) เป็นข้อมูลที่เป็นรูปธรรมที่ทำให้ได้กรับรู้และระลึกได้เมื่อเห็นภาพนั้น จะมีการนึกคิดผ่านประสบการณ์เดิมที่มีภาพสามารถสื่อความหมายต่าง ๆ ออกมาได้ด้วยตัวมันเองเป็นสิ่งที่ใช้ทั้งความคิดและความรู้ที่มีในการมองเห็นและทำให้เกิดความซึมซาบเป็นการเข้าใจด้วยความสามารถในการรับรู้ เช่น ภาพนิ่ง ภาพกราฟฟิก เป็นต้น

3. สัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นมูลที่อยู่ในรูปของเครื่องหมายต่าง ๆ หรือแสดงให้เห็นในรูปที่มีความหมายเฉพาะตัวของภาพนั้น ๆ ทำให้ไม่ต้องสื่อความหมายต่อเหมือนการอ่านข้อความหรือตัวอักษร เช่น เมื่อคนมองเห็นเส้นขาวสลับกับเส้นแดงบนฟุตบอลข้างถนนจะทำให้รู้ทันทีว่าเป็นเขตห้ามจอดหากจอดจะผิดกฎหมาย ซึ่งผู้ขับรถจะทราบกันดี เมื่อมองเห็นเส้นขาวแดงจะสำนึกและระลึกได้เอง โดยอัตโนมัติว่าจอดในบริเวณนั้น ๆ ไม่ได้แต่หากแทนที่จะทาเส้นสีขาวแดงแต่กลับเขียนว่า “ห้ามจอด” ตั้งไว้บริเวณเดียวกันจะทำให้สมองที่มองเห็นตัวอักษรว่า “ห้ามจอด” ต้องคิดกลั่นกรองแปลผลจากคำว่า “ห้ามจอด” ให้เป็นภาพในสมองว่าจอดไม่ได้จากนั้นจึงตัดสินใจไม่จอดรถ ซึ่งเป็นการแปลความหมายหลายต่ออาจทำให้เกิดความผิดพลาด

ของการสื่อความหมายได้ ดังนั้นการใช้สัญลักษณ์จะทำให้คนเกิดความเข้าใจได้ตรงกันแต่ทั้งนี้จะต้องเป็นสัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเท่านั้น เพราะสัญลักษณ์บางอย่างรู้จักกันอยู่ในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มทำให้ไม่สามารถนำไปใช้โอกาสอื่น ๆ ได้

4. พฤติกรรม (Behavior) เป็นการแสดงออกของกิริยาทางร่างกายของมนุษย์ที่แสดงออกมาในลักษณะต่าง ๆ ผสมผสานกับกระบวนการทางความคิด ทักษะคิด การรับรู้ในลักษณะต่าง ๆ ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 เพื่อสื่อความหมายให้คู่สนทนาหรือผู้ที่เป็นเป้าหมายของการสนทนารับทราบได้ว่าผู้ส่งสารต้องการให้เกิดอะไรขึ้น เช่น หาวหมายถึงง่วงนอน ขยิบตาเพื่อเป็นการรู้กัน ปิดจมูกเพื่อให้อีกฝ่ายรู้ว่าทำสิ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เป็นต้น

ซึ่งบุคคลสามารถรับรู้ ใช้ภาษา ภาพ สัญลักษณ์ พฤติกรรมเหล่านี้เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารและทำให้เกิดความรู้สึกรู้สึกนึกคิดได้

มิติที่ 2 วิธีคิด (Operations) เป็นกระบวนการปฏิบัติหรือกระบวนการคิดของสมอง

1. การรู้จักและเข้าใจ (Cognition) เป็นความสามารถทางสมองของบุคคลที่รู้จักและเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างทันทีทันใด เช่น เมื่อสัมผัสและเห็นวัตถุมีขนยาว ๆ ผลสีแดง ผิวหยาบ ทราบได้ทันทีว่าเป็นเงาะ

2. การจำ (Memory) เป็นความสามารถทางสมองที่เก็บสะสมข้อมูลต่าง ๆ และระลึก ข้อมูลเดิมออกมาในรูปแบบเดิมได้ตามต้องการ เช่น การจำค่าอาหารที่จ่ายไปได้ การท่องจำสูตรคูณ

3. การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Thinking) เป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่คิดได้หลายแง่มุม หลายทิศทาง คิดหาคำตอบได้โดยไม่จำกัดจำนวนจากสิ่งเร้า กำหนดให้ในเวลาที่จำกัด เช่น ให้บอกสิ่งที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ข้าว” ให้มากที่สุด

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) เป็นความสามารถทางสมองของบุคคลในรูปผลข้อมูลที่ดีที่สุด หลังจากได้รับข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายหรือสถานการณ์ที่หลากหลาย ซึ่งในการสรุปผลข้อมูลแบบการคิดเอกนัยนี้จะต้องสรุปผลเป็นคำตอบเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น เพื่อเป็นการยืนยันคำตอบที่ดีที่สุด เช่น การเลือกคำตอบเดียวจากข้อสอบแบบเลือกตอบซึ่งจะเป็นสิ่งที่ถูกต้องที่สุด

5. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถของบุคคลที่หาเกณฑ์ที่สมเหตุสมผลเกี่ยวกับความดี ความงาม ความเหมาะสมจากข้อมูลที่กำหนดให้

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Product) เป็นการแสดงผลที่เกิดขึ้นจากสมองปฏิบัติงานหรือเรียกว่า เป็นกระบวนการคิดของสมองซึ่งเกิดจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหาและด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกัน แบ่งออกเป็น

1. หน่วย (Unit) เป็นส่วนย่อย ๆ ที่ถูกแยกออกมาจากส่วนใหญ่ แต่ละหน่วยมีคุณสมบัติเฉพาะตัวของระบบที่แตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ เช่น ลิข สุณัช แมว เป็นต้น
2. จำนวน (Class) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน เช่น คน สุณัช แมว เป็นสิ่งมีชีวิตที่เลี้ยงลูกด้วยนม
3. ความสัมพันธ์ (Relation) เป็นผลของความเชื่อมโยงของความคิดแบบต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 หน่วยเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจอยู่ในรูปแบบของหน่วยกับหน่วย ระบบกับระบบ เช่น ฉลาดกับโง่ฉลาดกับโง่ นกเอี้ยงกับความเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับที่อยู่อาศัย เป็นต้น
4. ระบบ (System) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผลที่ได้หลาย ๆ คู่ เข้าด้วยกันอย่างมีระบบ เช่น 2 4 6 8 10 เป็นระบบจำนวนคู่
5. การแปลงรูป (Transformation) เป็นการปรับเปลี่ยน ปรับปรุง การให้นิยามใหม่ การตีความหมาย การขยายความหรือการจัดองค์ประกอบของข้อมูลที่กำหนดขึ้นมาให้อยู่ในรูปแบบใหม่เพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปภาพ
6. การประยุกต์ (Implications) เป็นการคาดหวังหรือทำนายเรื่องบางเรื่องจากข้อมูลที่กำหนดให้โดยมีข้อมูลเพิ่มขึ้นจากแนวคิดเดิมทำให้เกิดความแตกต่างไปจากเดิม เช่น เมื่อเห็นเครื่องหมายบวกลบสีขาวจะนึกถึงสัญลักษณ์ของโรงพยาบาล

จากการศึกษาทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา พบว่า การแสดงออกของบุคคลว่าตนเองเป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการคิดที่แตกต่างหรือสะท้อนความคิดออกมาในรูปของภาษา ภาพ และสัญลักษณ์ ประกอบไปด้วยลักษณะความคิดย่อย 3 ประการ ได้แก่

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดแปลกใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากความคุ้นเคยเดิม ๆ ที่มีอยู่ สามารถค้นหาแนวทางใหม่ ๆ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดเรียบง่ายแบบเดิม ๆ ไม่ซ้ำกับสิ่งที่มีอยู่และอาจไม่เคยมีใครคิดมาก่อน เรียกว่า Wild Idea ความคิดริเริ่มไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่ ๆ ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อน แต่อาศัยการสะสมและรวบรวมความรู้เดิมมาดัดแปลงหรือประยุกต์ให้ดีขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสิ่งประดิษฐ์ส่วนใหญ่ล้วนอาศัยแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ความคิดริเริ่ม ต้องอาศัยความกล้าคิด

กล้าทดลอง เพื่อทดสอบความคิดของตนเอง และอาจต้องอาศัยจินตนาการหรือเรียกว่า จินตนาการประยุกต์อาจแสดงออกมาในรูปลักษณะทางผลผลิตหรือกระบวนการคิด เช่น การตีความรับรู้เนื้อหาต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาสู่ประสาทสัมผัส

บุคลิกภาพของผู้ที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ต้องเป็นผู้เปิดกว้างยอมรับความคิด และประสบการณ์แปลกใหม่ กล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าทดลอง มีความเชื่อมั่นในแนวคิดใหม่ ๆ ของตนเองมีความอยากรู้ อยากเห็นและมีอิสระในการคิดและการกระทำโดยไม่ยึดมั่นกับ กฎเกณฑ์ใด ๆ ที่มากเกินไป

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการผลิตความคิดที่แตกต่าง และหลากหลายภายใต้กรอบจำกัดของเวลา การคิดคล่องแคล่วจะต้องตอบสนองสิ่งเร้า ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็น ให้มากที่สุด โดยคิดอย่างพรั่งพรูออกมาไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันและใช้เวลาที่รวดเร็วหรือ ภายใต้กรอบจำกัดของเวลา แล้วนำความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด และเหมาะสมมาใช้ในการแก้ไขปัญหา เพราะการแก้ไขปัญหาต้องการคำตอบหรือวิธีการ แก้ปัญหาที่หลากหลายและต้องนำวิธีเหล่านั้นมาทดลองจนได้วิธีการที่ถูกต้องเป็นความสามารถ เบื้องต้นที่นำไปสู่การคิดและแก้ปัญหอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป แบ่งออกได้ดังนี้

2.1 ความคิดคล่องแคล่วด้านการใช้ถ้อยคำ (Fluent Phrasing Fluency) เป็น ความสามารถในการใช้การพูดหรือถ้อยคำได้อย่างรวดเร็ว สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้รับสารได้รับสารและแสดงพฤติกรรมตอบสนองตรงกับความต้องการของผู้ส่งสารภายใน ระยะเวลาอันรวดเร็ว ผู้ที่มีความคล่องแคล่วด้านการใช้ถ้อยคำเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับว่า มีไหวพริบปฏิภาณดี เนื่องจากมีความสามารถในการสื่อสารได้ตอบและทำให้คู่สนทนาด้วย มอบสิ่งที่ตนเองต้องการภายในระยะเวลาที่จำกัด ซึ่งสิ่งนั้นอาจเป็นรูปธรรมหรือเป็นนามธรรม ก็ได้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ผู้ส่งสารต้องการให้เกิดขึ้น

2.2 ความคิดคล่องแคล่วด้านการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็น ความสามารถในการหาถ้อยคำที่มีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกันได้อย่างรวดเร็วและ มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดเกิดจากความสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ สิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้บุคคลสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นประเด็นในการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เกิดเป็นทักษะการเรียนรู้ขั้นสูงต่อไปได้ ในที่สุดสามารถจัดหรือจำแนกประเภท หมวดหมู่ต่าง ๆ ได้

2.3 ความคิดคล่องแคล่วด้านการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการนำคำมาเรียงเป็นวลีและประโยค เพื่อแสดงจุดหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม สังเกตเห็นได้ชัดเจนจากการแสดงออกทางด้านการพูดออกมาซึ่งบางครั้งผู้ฟังจะรู้สึกว่าการพูดตอบโต้ออกมาได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการแสดงออกนั้นทำให้คู่สนทนาซึ่งเป็นผู้รับสารสังเกตเห็นได้อย่างทันทีทันใดทำให้ผู้รับสาร สามารถทราบถึงสิ่งที่ผู้ส่งสารต้องการ และสามารถโต้ตอบด้วยพฤติกรรมต่าง ๆ ได้อย่างตรงวัตถุประสงค์ที่ผู้ส่งสารออกมาได้

2.4 ความคิดคล่องแคล่วด้านการสร้างสรรค์แนวคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการโดยผลิตความคิดได้อย่างหลากหลายรูปแบบมีลักษณะเป็นขั้นตอนจากความคิดที่หลากหลายรูปแบบเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการทำงานหรือการผลิตวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย

บุคลิกภาพของผู้ที่มีความคิดคล่องแคล่วจะคิดสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว อาจแสดงออกทางร่างกาย เช่น การพูด การแสดงท่าทีหรืออธิบายเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ หรืออาจกระทำพฤติกรรมต่าง ๆ ออกมาทันทีหรือแม้กระทั่งวางแผนการคิด ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำได้ภายในระยะเวลารวดเร็ว ทำให้ดูเหมือนไม่ใช้เวลาในการคิด เพราะเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติที่เกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยระยะเวลาและความชำนาญรวมถึงเป็นความสามารถพิเศษที่แต่ละคนมีติดตัวมาไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงเป็นลักษณะเฉพาะบุคคลในแต่ละคนแสดงออกมาได้แตกต่างกันออกไป

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการปรับสภาพความคิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ในลักษณะการคิดนอกกรอบ ไม่ตกอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือความคุ้นเคย ความยืดหยุ่นทำให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่ เป็นการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนช่วยให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่ ๆ เน้นทั้งปริมาณที่หลากหลายและประเภทที่หลากหลาย ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ไขปัญหา และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ความยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์กับความคิดดัดแปลง และความเป็นอิสระในการคิด กล่าวคือ ผู้ที่สามารถคิดดัดแปลงสูงย่อมแสดงความสามารถในการคิด ยืดหยุ่นสูงด้วย และผู้ที่มีอิสระในการคิดและการกระทำจะมีปฏิกิริยาแปลกใหม่ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นในทันทีทันใด (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถในการคิดได้หลายทิศทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ หลักจากมีปัญหาหรือสิ่งเร้ามากระตุ้นให้ต้องเกิดความคิดทำให้ได้แนวทางการแก้ไขปัญหาหรือภาพทางความคิดที่เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการคิดนั้นหลายแนวทางส่งผลให้มีรูปแบบแนวความคิดที่หลากหลายในระยะเวลา

อันรวดเร็ว อาจเป็นผลสืบเนื่องจากสภาพแวดล้อมประสบการณ์เดิมของตัวผู้คิดสิ่งสมมาเรื่อย ๆ ผนวกกับความสามารถทางสมองของแต่ละบุคคลที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เมื่อทั้งสองสิ่งรวมกันจนกระทั่งเป็นความสามารถเฉพาะตัวทำให้ผู้เรียนคิดได้อย่างทันทีทันใด

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถที่เกิดขึ้นจากการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้คิดผนวกกับอาศัยความสามารถทางการคิดของแต่ละคนที่ต้องนำความรู้ที่มีมาปรุงแต่งทำให้เกิดความรู้ใหม่ นำมาคิดใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายในหลาย ๆ ด้าน ทำให้เกิดประโยชน์ที่ดีที่สุดขึ้นมาและสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่หรือพัฒนาสิ่งที่เป็นอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดที่คนอื่นมองไม่เห็นและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ อย่างมีความหมายเป็นลักษณะการคิดตกแต่งรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกตใส่ใจในรายละเอียดเล็กน้อยเพื่อสร้างผลงานให้มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ ความคิดลักษณะนี้จะขึ้นอยู่กับพัฒนาการตามอายุและเพศ กล่าวคือ คนที่มีอายุมากจะมีความสามารถคิดละเอียดลออได้มากกว่าคนที่มีอายุน้อย เพศหญิงจะมีความละเอียดลออมากกว่าเพศชาย ความคิดละเอียดลออเป็นความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

นอกจากนี้ จากการศึกษางานของประกอบของความคิดสร้างสรรค์พบว่า ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยการตั้งสมมติฐานแล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานตามขั้นตอน ดังนี้ (Torrance, 1974; กรมวิชาการ, 2544)

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) เริ่มจากความรู้สึกกังวล สับสน วุ่นวายขึ้นในใจ แต่ยังไม่ทราบสาเหตุ
2. การค้นหาปัญหา (Problem Finding) พิจารณาด้วยความมีสติจนเข้าใจและพบว่า นั่นคือ ปัญหา
3. การค้นหาแนวคิด (Idea Finding) คิดและตั้งสมมติฐานตลอดจนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบความคิด
4. การค้นพบคำตอบ (Solution Finding) ทำการทดสอบสมมติฐานจนสามารถพบคำตอบ

5. การยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance Finding) ยอมรับคำตอบที่ค้นพบ เผยแพร่และคิดต่อไปว่าการค้นพบนี้จะนำไปสู่หนทางที่จะทำให้เกิดแนวคิดหรือสิ่งใหม่ต่อไปอีก

ทฤษฎีของ Torrance กำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วและสามารถสร้างคำตอบได้ในปริมาณมากในเวลาที่กำหนด
2. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาและไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป
3. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทหลายทิศทาง หลายรูปแบบ

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford และ Torrance ได้มีนักการศึกษาหลายท่านนำมาใช้เป็นพื้นฐานเพื่อกำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

Ayas and Sak (2013) ได้ระบุองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปของ Guilford (1967) และ Torrance (1962) คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนคำตอบที่ถูกต้องในเวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง จำนวนหมวดหมู่ของคำตอบที่ถูกต้องในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) หมายถึง จำนวนคำตอบที่ได้จากความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นมารวมกันเกิดเป็นความคิดสร้างสรรค์

โดยองค์ประกอบเหล่านี้ช่วยสนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Feist (2011), Madden et al. (2013) และอับดุลยามีน หะยีชาเดร์ (2562) ทำการศึกษาและระบุองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการแสดงปริมาณความคิดที่หลากหลาย โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

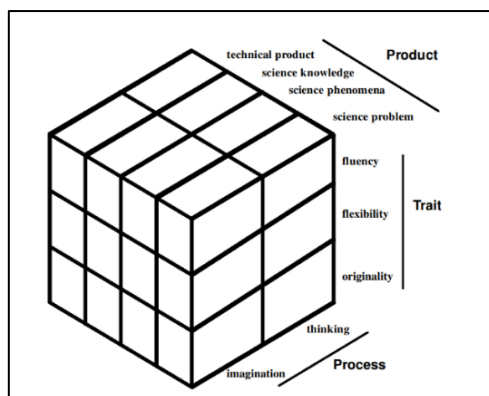
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกความคิดที่จัดเป็นหมวดหมู่ได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการแสดงความคิดที่ใหม่และไม่ซ้ำใคร โดยพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้องที่มีความแตกต่างและสอดคล้องกับคำถามบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วรรณพร สิงห์บุญ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาและระบุนองค์ประกอบของความคิดสร้างทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford 4 องค์ประกอบมาใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง คือ ปริมาณความคิดที่เกิดขึ้นโดยไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันจากสถานการณ์และเวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น คือ ปริมาณความคิดที่หลากหลายประเภทและหลายทิศทางจากสถานการณ์ที่กำหนด
3. ความคิดริเริ่ม คือ ปริมาณความคิดที่แปลกใหม่ไม่มีใครคิดมาก่อนในการคิดแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนด
4. ความคิดละเอียดลออ คือ การใช้ความคิดและประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันหรือต่อเติมความคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนด

Hu and Adey (2002) ได้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Structure Creativity Model) แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านคุณสมบัติ ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านกระบวนการ โดยกำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1990) ไว้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดริเริ่ม (Originality) ในด้านคุณสมบัติ (Trait) ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) และด้านกระบวนการ (Process) ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM)

ที่มา : Hu, W., & Adey, P.S. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. Pages 389 – 403

Hu และ Adey ยังได้อธิบายโครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านคุณสมบัติ (Trait) เป็นลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยที่แสดงถึงคุณสมบัติของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบ รวดเร็ว และมีปริมาณของคำตอบหรือวิธีการที่มากในเวลาจำกัด

1.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย

1.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดของคนอื่น เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มี

องค์ประกอบเหล่านี้ช่วยในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ในบริบทของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง ผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมองหรือกระบวนการคิดทางสมองหลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้า ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (Technical Product) หมายถึง ผลการของความรู้หรือผลของการคิด

2.2 การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ (Science Knowledge) หมายถึง การนำความรู้หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์

2.3 ความเข้าใจในปรากฏการณ์ (Science Phenomena) หมายถึง การรับรู้ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เป็นไปโดยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

2.4 การตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science Problem) หมายถึง การตั้งสมมติฐาน การวางแผนของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยเป็นไปตามหลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านกระบวนการ (Process) หมายถึง กระบวนการคิดการประมวลผลทางสมอง มีในแต่ละบุคคลแตกต่างกันไป ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 การคิดอย่างมีเหตุผล (Thinking) หมายถึง การประมวลผลทางสมองโดยใช้ ตรรกะหรือข้อมูลต่าง ๆ เพื่อช่วยคาดการณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

3.2 จินตนาการ (Imagination) หมายถึง การคิดสร้างภาพ ปรากฏการณ์หรือ เหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

นอกจากนี้ มีงานวิจัยทั้งไทย (ธนภรณ์ จุลพูล และคณะ, 2563; สมรัก อินทวิมลศรี และคณะ, 2562) และต่างประเทศ (Genek, 2020; Tran et al., 2021; Yang et al., 2016) ได้ทำการ วัดองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบตามโครงสร้างสามมิติ ของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) ที่วัด 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

จากการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาจากทฤษฎี โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford (1967) และตามทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1990), Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) โดยองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ ที่ถูกนำมาใช้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม และความคิด ยืดหยุ่น

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่เสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษารูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์มีด้วยกันหลายวิธีที่ใช้จัดการเรียนรู้กับนักเรียนในระดับประถมศึกษาและ มัธยมศึกษา ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

(Problem – Based Learning) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นจะมีจุดเน้นที่สำคัญเพื่อไปส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.4.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) เป็นรูปแบบการสอนที่มีพื้นฐานเริ่มต้นมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) โดยวัฏจักรการเรียนรู้นี้มีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive development) และแนวความคิดสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นวิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญกำหนดให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนโดยผู้เรียนจะต้องใช้ความสามารถในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อหาข้อสรุปของเรื่องที่ศึกษาได้ด้วยตนเอง (จิรัญญา ไชยโย และพจมาลย์ สกลเกียรติ, 2562; บุญรัตน์ จันทร์, 2558) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนจึงเป็นการให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Process) และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือการแก้ปัญหาหรือข้อสงสัยให้เกิดความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2565)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) จากสิ่ง que ผู้เรียนเกิดความสงสัยหรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) การวางแผนดำเนินการตรวจสอบ และคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อเก็บข้อมูลหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เป็นการนำเสนอสิ่งที่ได้มาจากการสำรวจนำมาวิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล สรุปผลและรายงานผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) เป็นการนำสิ่งที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับแนวคิดเดิมที่ได้ศึกษาเพิ่มเติม
5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluate) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการสำรวจ ตรวจสอบ

ทดลอง ค้นคว้าหาคำตอบเพื่อให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพ เกิดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (กรมวิชาการ, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรี เทพสุริบุญญ์ และคณะ (2562) ที่ทำการศึกษาผลของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E เสริมด้วยเทคนิค 4 MAT และพบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น เช่นเดียวกับพิรุฬาวินัย ศุภอุทุมพร (2561) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ โดยจากการศึกษาผู้วิจัยจึงได้ทำการยกข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (จรรยา ไท๊ะนาบุตร, 2560; พัทรี เทพสุริบุญญ์ และคณะ, 2562) ไว้ดังนี้

ข้อดีของวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

1. เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงซึ่งประกอบด้วย การคิดมีวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การตัดสินใจและการแก้ปัญหา
2. มีขั้นตอนการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้คิด ผูกให้เหตุผล และลงมือปฏิบัติช่วยในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (นวลจิตต์ เขาวกิตติพงศ์, 2562)

ข้อจำกัดของวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบ 5E สถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ หากไม่สามารถดึงดูดผู้เรียนได้มากพออาจจะทำให้ผู้เรียนให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนการสอนน้อยลงและการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยกิจกรรมที่ทำท่าย กระตุ้นผู้เรียนให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้เพื่อจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งครูต้องจัดกิจกรรมให้ครบตามกระบวนการและต้องช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างสร้างสรรค์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

1.4.2 การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning)

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้มากที่สุดวิธีหนึ่ง ได้เรียนรู้การแก้ปัญหาที่แท้จริงทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์ การใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรมจากสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ครูสามารถสร้างสภาพแวดล้อมสำหรับนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Siew et al., 2017) โดยมีรูปแบบพื้นฐานมี 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจคำศัพท์และข้อความของปัญหาให้ชัดเจน (Clarifying Unfamiliar Terms) จากข้อความที่ปรากฏ โดยใช้องค์ความรู้เดิมของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ระบุปัญหาหรือข้อมูลสำคัญ (Problem Definition) โดยสมาชิกในกลุ่มเข้าใจปัญหาหรือปรากฏการณ์

ขั้นที่ 3 ระดมสมอง (Brainstorm) กลุ่มผู้เรียนอธิบายและตั้งสมมติฐานที่เชื่อมโยงกันกับปัญหาตามที่ได้ระดมสมองกันแล้วนำผลการวิเคราะห์จัดลำดับความสำคัญ ตามความรู้เดิมอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ปัญหา (Analyzing the Problem) คัดคะแนนคำตอบที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาเชื่อมโยงอย่างมีเหตุผล นำผลวิเคราะห์มาจัดเรียงให้สอดคล้องกับความรู้เดิมอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 5 กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ (Formulating Learning Issues) เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ที่ตั้งไว้ หากมีส่วนใดต้องทบทวนยังไม่รู้หรือจำเป็นศึกษาเพิ่มเติม

ขั้นที่ 6 เรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Study) ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning)

ขั้นที่ 7 รายงานผล (Reporting) ผู้เรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อนำไปใช้โอกาสต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ Siew et al. (2014) ได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาพบว่านักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ความสามารถในการแก้ปัญหาผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้

ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของบุคคลในศตวรรษที่ 21 มีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. เน้นที่การเตรียมประสบการณ์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในทุกๆ ด้านนักเรียนจะสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเกิดพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Delisle, 1997; Rizki et al., 2020; นริศรา ธรรมนันตา และดวงหทัย กาศวิบูลย์, 2563)

2. เป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่นักเรียนได้เรียนรู้บทบาทในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายภายในระยะเวลาอันสั้น คือ 1) การวิเคราะห์ความสำคัญมีความคิดยืดหยุ่นสามารถในการจัดจำแนกแยกแยะได้ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์และแสดงความคิดออกมาที่แปลกและไม่ซ้ำใคร 3) การวิเคราะห์หลักการกับสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งได้หลากหลายวิธี (Siew et al., 2015)

3. เป็นฐานสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปได้ในลักษณะของความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่วสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน (Awang & Ramly, 2008; Gijbels et al., 2005)

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. ต้องอาศัยความรับผิดชอบของนักเรียนในการทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาต้องอาศัยประสบการณ์ที่มากพอและการทำงานร่วมกันยังไม่เกิดผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์และยังไม่ได้ใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ (Rizki et al., 2020)

2. เป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนวิเคราะห์หรือตั้งคำถามจากโจทย์ปัญหาผ่านกระบวนการคิดและสะท้อนกลับ เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนในกลุ่มนำไปสู่การค้นหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีมาก่อนและเน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือกันระหว่างนักเรียนมากกว่าการเน้นให้ผู้เรียนแต่ละคนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาใช้ในการแก้ปัญหา (Siew et al., 2014)

1.4.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถตอบโจทย์การปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ได้โดยใช้หลักการบูรณาการความรู้ใน 4 วิทยา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เป็นวิชาที่เน้นความเข้าใจในธรรมชาติ เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของคนเรา วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ การพัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เข้ามาช่วยและคณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด การจัดจำแนก

จัดกลุ่มและการเปรียบเทียบซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาการ สามารถแบ่งออกได้ 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) และการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Transdisciplinary) (Yakmam, 2008) ที่เชื่อมโยงเหตุการณ์ในชีวิตจริงเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตการทำงานและยังสอดคล้องกับการพัฒนามนุษย์ให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 จุดมุ่งหมายพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การเตรียมบุคคลให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตและสามารถดำเนินชีวิตได้ (Mustafa, 2018; กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) และจากการศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ยังช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา สร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิตและความคิดสร้างสรรค์นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม โดยนักเรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างอิสระ มีโอกาสเรียนรู้ด้วยความคิดริเริ่มของตนเองถือว่าการกระตุ้นให้ผู้เรียนอีกทางหนึ่ง (ปริยา โคตรสาลี และคณะ, 2563; ปัทมา จงลือชา, 2565; ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558; อมรรัตน์ จำปาวัตตะ และคณะ, 2562) จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีข้อดีและข้อจำกัดในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ทำทนายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้แบบ Active Learning (Aguilera Morales & Ortiz-Revilla, 2021)

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษามุ่งเน้นไปที่ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทางเทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการฝึกฝนและเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะเหล่านี้มากกว่าส่งเสริมความคิดที่แตกต่างอย่างสร้างสรรค์สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมไม่ควรยากเกินไปและมีความเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน (Elsayary, 2021; นิภาพร ช่วยธานี, 2562; สุธิดา วันสุดล, 2561)

1.4.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ถูกพัฒนาต่อมาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการนำศิลปะ (Art) เข้ามาผสมผสานกับสะเต็ม (STEM) เป็นสะเต็ม (STEAM) ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการใน 5 วิชาเข้าด้วยกัน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ผ่านกิจกรรม (Fioriello, 2010; Yakman, 2008) นักการศึกษาได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนากระบวนการคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้เท่ากับสะเต็ม โดย Yakman (2008) ได้เสนอว่า ศิลปะถูกแบ่งออกเป็นหมวดหมู่หลายประเภท โดยศิลปะในสะเต็มเกี่ยวข้องกับศิลปะด้านจิตรศิลป์ (Fine Arts) เป็นศิลปะที่พัฒนาขึ้นเพื่อสุนทรีย์ภาพมุ่งเน้นความงดงาม และความพึงพอใจสิ่งที่มีมนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านจิตใจและอารมณ์ โดยการนำศิลปะเข้ามาบูรณาการนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการคิดอันจะนำไปสู่การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพร้อมทั้งสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคตได้ (Allina, 2018; Hume et al., 2021; Intavimolsri, 2019) สอดคล้องกับการศึกษาของ Yoo and Park (2007) ได้ทำการสำรวจผลการศึกษาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า มีผลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ความสนใจและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ ยังได้มีการนำการจัดการเรียนรู้แนวสะเต็มศึกษามาร่วมพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา รวบรวมข้อมูล เชื่อมโยงข้อมูลและสรุปผลได้ นักเรียนได้มีโอกาสวางแผนและออกแบบกิจกรรมด้วยตนเองอีกด้วย (ปิณิดา สุวรรณพรม และคณะ, 2563; พัฒมาธสไวนี ตาเย๊ะ และคณะ, 2017; ภิญโญ วงษ์ทอง, 2561) ซึ่งจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. มุ่งเน้นกระบวนการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมถึงการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานได้จริง (Yakman, 2008)
2. เป็นการนำศิลปะ (A) เข้ามาผสมผสานกับการสร้างชิ้นงานทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นและสามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Lee, 2012)

3. ศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้จักการคิดอย่างสร้างสรรค์ในการนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี (Intavimolsri, 2019)

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ควรเลือกใช้กับเนื้อหาที่เอื้อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่มีไปใช้ออกแบบและสร้างชิ้นงานที่เป็นประโยชน์ รวมไปถึงการระบุสถานการณ์ที่ใช้ควรเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริงรอบตัวผู้เรียน เพื่อสร้างความสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดความท้าทาย (สมรัก อินทวิมลศรี และคณะ, 2562)

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีแนวทางการที่หลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถนำมาใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยผู้วิจัยจึงเลือกนำมาใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสะเต็มมีการบูรณาการณศิลป์เข้ามาสอดผสานในด้านการวาดภาพ ออกแบบชิ้นงาน การลงสี เพื่อความสวยงามและความพึงพอใจในผลงาน (Yakman, 2008) ซึ่งศิลปะสามารถช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หลายศาสตร์ได้ง่ายขึ้นและส่งเสริมจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้

1.5 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมเราพบว่ามีการศึกษาได้ทำการพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Hu and Adey (2002) ได้สร้างแบบวัดที่สอดคล้องกับโมเดลโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Structure Creativity Model: SCSM) เพื่อใช้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้งนี้มุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มด้วยแบบวัดประเภทเขียนตอบ ทั้ง 7 ข้อ ภายในเวลา 60 นาที ได้แก่ ข้อที่ 1-4 วัดได้ทั้ง 3 องค์ประกอบในหนึ่งและข้อที่ 5 – 7 วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ข้อที่ 5 ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 6 ให้คำถามที่ทดสอบความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ (Creative Experimental Ability) และข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creativity Science Design Ability)

คำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
(Hu & Adey, 2002)

“จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”
“ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลกและไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์
ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนมาให้ได้มากที่สุด”

ภาพประกอบ 3 คำถามวัดองค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยคะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้
2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้
3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้
 - 3.1 คำตอบของนักเรียนมีความถี่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน
 - 3.2 คำตอบของนักเรียนมีความถี่อยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน
 - 3.3 คำตอบของนักเรียนมีความถี่มากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมดคิดเป็น 0 คะแนน

โดยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ดังนี้

Aktamis (2005) ได้นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) มาปรับข้อคำถามให้เหมาะสมกับบริบทนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษามากขึ้น โดยปรับเป็นแบบวัดประเภทประเภทเขียนตอบจำนวน 6 ข้อ ใช้เวลาภายใน 40 นาที ต่างจากเดิมที่ใช้เวลา 60 นาที

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Aktamis (2005)

“จกเขียนประโยชน์ของการใช้ขวดน้ำพลาสติกในปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”
 “จกเขียนประโยชน์ของการใช้กระป๋องในปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”

ภาพประกอบ 4 คำถามวัดองค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยคะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้
2. ความคิดยืดหยุ่น จำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้
3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้
 - 3.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน
 - 3.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน
 - 3.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน

Yang et al. (2016) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ในส่วนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภทเขียนตอบ ประกอบด้วยข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์แบบอนกนัย (Divergent Creativity) โดยมีตัวอย่างข้อคำถาม เช่น “สมมติว่าไม่มีดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร” และยึดเกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์เดียวกับ Hu and Adey (2002) ซึ่งวัดได้ทั้งความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มในข้อเดียวกัน

Genek and Doganca (2020) ได้ทำการศึกษาโดยสำรวจระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษาที่ลงทะเบียนในโปรแกรม STEM โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ Scientific Creativity Test (SCT) ที่ถูกพัฒนาโดย Hu and Adey (2002) เป็นแบบทดสอบที่รู้จักกันดีซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมต้น (อายุ 12-15 ปี) ซึ่ง SCT ได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบวัดที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เรียกว่า โมเดลความคิดสร้างสรรค์เชิงโครงสร้างทางวิทยาศาสตร์แบบทดสอบมีข้อคำถามลักษณะเขียนตอบ จำนวน 7 ข้อ

วัดองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ Torrance (1990) กำหนด

Siew et al. (2014) ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM) ของ Hu and Adey (2002) และปรับให้มีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของ Torrance (1967) ตามแบบวัด Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT) ในการประเมินคำตอบของนักเรียน จากการศึกษาพบว่า มีคำถามที่มีความเหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน ความสามารถในการเขียนและตอบคำถาม ซึ่งคำถามแต่ละข้อแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุด A และชุด B รวมจำนวน 4 ข้อตามโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM) ดังตัวอย่างคำถามและเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 ผลิภัณฑ์ทางเทคนิค

คำถามข้อที่ 1 วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มผ่านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ดังนี้

ข้อสอบชุด A	ข้อสอบชุด B
“ให้นักเรียนออกแบบปากกา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด”	“ให้นักเรียนออกแบบปากกาไวท์บอร์ด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด”

คำถามข้อที่ 1 เป็นการออกแบบปากกาเพื่อให้ดูน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ โดยคำถามข้อนี้ นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพประกอบแทนการเขียนได้

คำถามข้อที่ 2 ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่ 2 วัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของนักเรียนผ่านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย ดังนี้ ให้นักเรียนเขียนคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนให้มากที่สุดเท่าที่เกี่ยวกับ

ข้อสอบชุด A	ข้อสอบชุด B
“แม่เหล็ก”	“จุลินทรีย์”

คำถามข้อที่ 3 ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่ 3 วัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของนักเรียนผ่านจินตนาการในการแสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ให้นักเรียนเขียนเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์

ข้อสอบชุด A	ข้อสอบชุด B
“ดวงอาทิตย์กำลังจะไม่มีแสงสว่าง”	“หากพืชสามารถเคลื่อนไหวได้เหมือนสัตว์”

คำถามข้อที่ 3 นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

คำถามข้อที่ 4 การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่ 4 วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มของนักเรียนผ่านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ข้อสอบชุด A	ข้อสอบชุด B
“ให้นักเรียนแบ่งสี่เหลี่ยมออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กันโดยใช้วิธีการใดก็ได้ให้มากที่สุด”	“ให้นักเรียนสร้างสัญลักษณ์ต่าง ๆ โดยใช้ไม้ขีดไฟจำนวน 5 อันให้ได้มากที่สุด”

คำถามข้อที่ 4 นักเรียนจะต้องแสดงปริมาณของสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ และสามารถ ใช้การภาพวาดแสดงแทนการเขียนได้ เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 1

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ดัชนีความคิดสร้างสรรค์	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
ความคิดคล่องแคล่ว	จำนวนแนวคิดที่แตกต่าง	1 คะแนนสำหรับแต่ละแนวคิด
ความคิดยืดหยุ่น	จำนวนประเภทของแนวคิด	1 คะแนนสำหรับแต่ละประเภท
ความคิดริเริ่ม (ข้อ 1-3)	ความเป็นเอกลักษณ์ของแนวคิด ที่ผลิตเมื่อเทียบกับคำตอบทั้งหมด	<5% - 2 คะแนน ระหว่าง 5% ถึง 10% - 1 จุด > 10% - 0 คะแนน
ความคิดริเริ่ม (ข้อ 4)	ความเป็นเอกลักษณ์ของแนวคิด เมื่อเทียบกับคำตอบทั้งหมด	<5% - 3 คะแนน ระหว่าง 5% ถึง 10% - 2 คะแนน > 10% - 1 คะแนน

รพีพล อินสุพรรณ และประสาธ เนืองเฉลิม (2563) ได้ศึกษาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) เพื่อสร้างแบบวัดสำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ตามองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณสมบัติ ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ด้านผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์และความเข้าใจในปรากฏการณ์ และการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย การคิดอย่างมีเหตุผล และจินตนาการมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบบรรยายวงรอบปฏิบัติการละ 2 ข้อ

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของ Hu and Adey (2002) และ รพีพล อินสุพรรณ และประสาธ เนืองเฉลิม (2563) เป็นดังนี้

“ถ้าโลกเกิดการหยุดหมุนชั่วขณะจะส่งผลให้เกิดผลกระทบอะไรบ้าง ให้นักเรียนอธิบายให้ได้มากที่สุด เช่น ถ้าโลกหยุดหมุนคนจะลอยไปบนฟ้า เพราะอาจไม่มีแรงโน้มถ่วง ดังนั้นแล้ว ให้นักเรียน นำเสนอแนวคิดของนักเรียน”

“ถ้ามีกระดาษชำระอยู่สองชนิด นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าตัวไหนมีคุณภาพดีกว่ากัน ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการทดสอบประสิทธิภาพ และวิธีการทดสอบกระดาษชำระ”

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ (รพีพล อินสุพรรณ และประสาธ เนืองเฉลิม, 2563) แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ด้านคุณสมบัติ (Trait)			
1.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency)	มีจำนวนคำตอบมากกว่า 3 คำตอบ	มีจำนวนคำตอบมากกว่า 1-3 คำตอบ	ไม่ตอบคำถาม
1.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)	มีจำนวนวิธีการแก้ปัญหา มากกว่า 3 วิธี	มีจำนวนวิธีการแก้ปัญหา 1-3 วิธี	ไม่ตอบคำถาม
1.3 ความคิดริเริ่ม (Originality)	มีคำตอบหรือวิธีการที่แปลกใหม่ที่ยังพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	มีคำตอบหรือวิธีที่ไม่แตกต่างจากไปจากคำตอบของคนอื่น ๆ	ไม่ตอบคำถาม

ปรียาภรณ์ ทองมาก (2537) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ จำนวน 4 ข้อ

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ปรียาภรณ์ ทองมาก, 2537) เป็นดังนี้

ข้อ 1 นักคิด

ในปัจจุบันพบว่าวัสดุเหลือใช้ภายในบ้านที่มีอยู่มาก คือ พลาสติกนักเรียนคิดว่า จะใช้ประโยชน์จากพลาสติกเปล่าในลักษณะต่าง ๆ ได้อย่างไรบ้าง โดยให้นักเรียนพยายาม คิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และไม่ซ้ำใคร

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	การให้คะแนน												
ความคิดคล่องตัว	- พิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม - นับจำนวนคำตอบ ให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้ คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่												
ความคิดยืดหยุ่น	- จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่แตกต่างกัน - นับจำนวนกลุ่มให้คะแนน กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่												
ความคิดริเริ่ม	- บันทึกคำตอบแต่ละข้อของนักเรียน - หาความถี่ของคำตอบจากการตอบของนักเรียนทั้งหมด - พิจารณาให้คะแนน ดังต่อไปนี้ <table> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 5.01 ขึ้นไป</td><td>ให้ 0 คะแนน</td></tr> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 4.01 – 5.00</td><td>ให้ 1 คะแนน</td></tr> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 3.01 – 4.00</td><td>ให้ 2 คะแนน</td></tr> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 2.01 – 3.00</td><td>ให้ 3 คะแนน</td></tr> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 1.01 – 2.00</td><td>ให้ 4 คะแนน</td></tr> <tr> <td>ความถี่ร้อยละ 0.00 – 1.00</td><td>ให้ 5 คะแนน</td></tr> </table>	ความถี่ร้อยละ 5.01 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	ความถี่ร้อยละ 4.01 – 5.00	ให้ 1 คะแนน	ความถี่ร้อยละ 3.01 – 4.00	ให้ 2 คะแนน	ความถี่ร้อยละ 2.01 – 3.00	ให้ 3 คะแนน	ความถี่ร้อยละ 1.01 – 2.00	ให้ 4 คะแนน	ความถี่ร้อยละ 0.00 – 1.00	ให้ 5 คะแนน
ความถี่ร้อยละ 5.01 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน												
ความถี่ร้อยละ 4.01 – 5.00	ให้ 1 คะแนน												
ความถี่ร้อยละ 3.01 – 4.00	ให้ 2 คะแนน												
ความถี่ร้อยละ 2.01 – 3.00	ให้ 3 คะแนน												
ความถี่ร้อยละ 1.01 – 2.00	ให้ 4 คะแนน												
ความถี่ร้อยละ 0.00 – 1.00	ให้ 5 คะแนน												
ความคิดละเอียดลออ	- พิจารณาคำตอบที่สามารถนำไปปฏิบัติแล้วก่อให้เกิดผลสำเร็จได้ - นับจำนวนคำตอบให้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่												

และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างทางสถิติปัญญาของ Guilford (1967) ได้ถูกนำมาใช้ทั้งในระดับชั้นประถมและมัธยมศึกษา ดังนี้

มัชสุรี หยิมะเหมริม (2557) ได้ศึกษาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ กิลฟอร์ด และสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 3 โดยปรับมาจากแบบวัดของ ปรียาภรณ์ ทองมาก (2537) ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถาม 4 ข้อต่อไปนี้ภายในเวลาที่กำหนด

“ปัจจุบันพบว่า กระจกน้ำอัดลมแบบอลูมิเนียมเหลือใช้หลังจากการซื้อน้ำอัดลมมาดื่ม
นักเรียนจะใช้ประโยชน์จากกระจกป้อนน้ำดังกล่าวในลักษณะได้บ้าง”

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ พิจารณาจากกลุ่มของคำตอบ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford (1967) โดยแบ่งการให้คะแนน ออกเป็น 4 ด้าน และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้เหมาะสม ดังตาราง

ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	การให้คะแนน
ความคิดยืดหยุ่น	กลุ่มของคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่แตกต่างกัน นับจำนวนกลุ่มให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน
ความคิดริเริ่ม	จำนวนความถี่ของคำตอบที่ใกล้เคียงกันของนักเรียนทุกคน ความถี่ร้อยละ 5 ขึ้นไป ความถี่ร้อยละ 5 ความถี่ร้อยละ 4 ความถี่ร้อยละ 3 ความถี่ร้อยละ 2 ความถี่ร้อยละ 1 ให้ 0 คะแนน ให้ 1 คะแนน ให้ 2 คะแนน ให้ 3 คะแนน ให้ 4 คะแนน ให้ 5 คะแนน
ความคิดละเอียดลออ	จำนวนคำตอบที่นักเรียนตอบต่ำสุด 1 คะแนน (ถ้าคำตอบที่นักเรียนตอบมี การอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมหรือเสริมความคิดเดิมและมีความเป็นไปได้ ในทางปฏิบัติให้ คะแนนเพิ่มอีก 1 คะแนน)
ความคิดคล่องแคล่ว	คำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม ให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาจากผลรวมของคะแนน
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ข้อ

Ayas and Sak (2013) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดที่มีชื่อว่า Creative Scientific Ability Test (C-SAT) ที่พัฒนามาจาก Ayas and Sak (2008), Ayas (2010), Sak (2010) เพื่อใช้วัดพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการวัดทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis Generation) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) และการประเมินสมมติฐาน (Hypothesis Evaluation) ในแต่ละด้าน แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ดังนี้

1. ข้อคำถามของเครื่องมือเป็นลักษณะเขียนตอบ

2. เครื่องมือวัดแบ่งเป็น 5 ชุด (Subtest) ตัวอย่างชุดคำถาม 2 ชุดที่สอดคล้องกับรายวิชาชีววิทยา ได้แก่ คำถามการทดลองของแมลงวัน และคำถามของโซ่อาหาร

- 2.1 คำถามการเกี่ยวกับแมลงวัน (Fly Experiment) ใช้วัดความคิดคล่องแคล่ว และความคิดยืดหยุ่น จากการคาดคะเนคำตอบ โดยใช้รูปภาพเกี่ยวกับแมลงวัน โดยให้นักเรียนสร้างการคาดคะเนคำตอบให้ได้มากที่สุด

- 2.2 คำถามของโซ่อาหาร (Food Chain) ใช้วัดความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น จากการประเมินชิ้นงานในเรื่องระบบนิเวศ โดยใช้ภาพถ่ายโซ่อาหารและกราฟของโซ่อาหารนั้นๆ และให้นักเรียนคิดสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักการศึกษาและนักวิจัยส่วนมากได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตาม Hu and Adey (2002) ที่ได้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ Scientific Structure Creativity Model (SSCM) ขึ้นมาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตาม Torrance (1990) 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Siew et al. (2014) ที่ได้พัฒนาแบบวัดตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) ลักษณะของคำถามในแบบได้ถูกปรับให้มีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาโดยครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนามาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) โดยการนำคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับให้มีความเหมาะสม

กับบริบทของนักเรียนและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของ Torrance (1967)

จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า เป็นความสามารถของนักเรียนในการคิดได้อย่างแปลกใหม่ หลากหลาย เพื่อแก้ปัญหาหรือปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ได้ดีขึ้น โดยอาศัยความรู้ หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่าหมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนที่แสดงออกมาโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแก้ปัญหาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดที่มีความแปลกใหม่ หลากหลาย มีคำตอบหรือวิธีการหลากหลาย วัดได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Siew et al. (2014) และวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว และมีปริมาณของคำตอบหรือวิธีการที่มากในเวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนในการคิดหาคำตอบได้หลายทิศทางและหลายประเภทโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดของคนอื่นโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ในตัวผู้เรียน

เมื่อพิจารณาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Siew et al. (2014) ที่ได้พัฒนาแบบวัดตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) ลักษณะของคำถามในแบบได้ถูกปรับให้มีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาโดยครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนามาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Siew et al. (2014) โดยการนำคำถามและการให้คะแนนมาปรับให้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลของความรู้ความสามารถที่ได้จากการพัฒนาทักษะของผู้เรียนหลังจากการได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือผลจากการกระทำของผู้เรียน การฝึกประสบการณ์ (ทิตนา แคมมณี, 2562; รัชสิริ แพงป้อง, 2554; สุรัญนา คำรอด และคณะ, 2566) นอกจากนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังแสดงถึงความสำเร็จหรือประสิทธิภาพที่นักเรียนแสดงออกมาในกระบวนการเรียนรู้ โดยสามารถวัดด้วยคะแนนสอบการประเมินผลจากครูหรือเกณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการวัดความสามารถและความรู้ของนักเรียนในวิชาต่าง ๆ โดยทั่วไปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะสะท้อนถึงความเข้าใจและการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้และชีวิตประจำวัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย (Bloom, 1956; Ghasemi, 2011)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการประเมินพัฒนาการของนักเรียนหลังจากการได้รับกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2.2 พฤติกรรมการเรียนรู้

จากการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Bloom (1913) เชื่อว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยพฤติกรรมการเรียนรู้ และจิตวิทยาพื้นฐาน กล่าวถึงการจำแนกการเรียนรู้ตามทฤษฎีของบลูม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยในแต่ละด้านจะมีการจำแนกระดับความสามารถจากต่ำสุดไปถึงสูงสุด โดยเบนจามิน บลูมและคณะ (Bloom, 1956) จำแนกพฤติกรรมเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. พุทธิพิสัย (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญา มี 6 ระดับ ได้แก่

1) ความรู้ความจำ (Knowledge) เป็นการจดจำแนกประสบการณ์ต่าง ๆ และระลึกเรื่องราวนั้น ๆ ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความ ตีความและ สรุปใจความสำคัญได้

3) การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Application) เป็นการนำหลักการ กฎเกณฑ์และวิธีการดำเนินการต่าง ๆ ของเรื่องที่ได้รู้มานำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการเชื่อมโยงส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันโดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

6) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการพิจารณาตัดสินกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไปการประเมินเกี่ยวข้องกับการใช้เกณฑ์ คือ มาตรฐานในการวัดที่กำหนดให้

2. จิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางอารมณ์และการพัฒนา คุณธรรมความดีด้านจิตใจ

3. ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) (พฤติกรรมด้านกล้ามเนื้อประสาท) เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมองและร่างกาย บ่งถึงความสามารถ ในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ยังได้มีการนำเสนอระดับความสามารถที่มีการปรับปรุงใหม่ ตามแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) เรียกว่า Bloom's Taxonomy Revised เป็นกรอบการทำงานที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อจัดลำดับระดับของการเรียนรู้และส่งเสริมความคิดของนักเรียน เพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยแบ่งกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Processes) ออกเป็น 6 ระดับหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1. การจำ (Remembering) เป็นความสามารถของสมองในการระลึกได้ จำความรู้ สารสนเทศ แสดงรายการได้ ระบุนอกชื่อได้

2. การเข้าใจ (Understanding) เป็นการอธิบาย แปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิงการศึกษาของตัวเอง

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) เป็นกระบวนการที่ได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4. การวิเคราะห์ (Analysing) สามารถแก้ปัญหา ตรวจสอบได้ คือ การแยกความรู้ ออกเป็นส่วน ๆ โดยสามารถให้เหตุผลว่าความรู้ส่วนย่อยที่แยกแต่ละส่วนมีความเกี่ยวข้องกับ โครงสร้างของความรู้ทั้งหมดอย่างไร

5. การประเมินค่า (Evaluating) เป็นการตรวจสอบหรือพิจารณาเพื่อค้นหาความไม่ สอดคล้องในกระบวนการเพื่อการตัดสินใจ

6. การสร้างสรรค์ (Creating) การใช้สติปัญญาในการสร้างสิ่งใหม่จากการในบริบทต่าง ๆ ที่สามารถในการสร้างสรรค์งานวางแผนงานจนประสบความสำเร็จ

จากการศึกษา พบว่า การวัดพฤติกรรมการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดพฤติกรรมของนักเรียนจากการเรียนรู้จนเกิดความเข้าใจสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยในการศึกษาผู้วิจัยสนใจศึกษาพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Application) ที่สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้

2.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้เป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้เป็นขั้นตอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย (Facilitator) หรืออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนในด้านต่าง ๆ โดยมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ (5 Essential Features of Inquiry) (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, 2558; กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) ดังนี้

1. ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

ในการตั้งคำถามของผู้เรียนจากปัญหาหรือข้อสงสัยต่าง ๆ ได้นั้น ครูผู้สอนจะหน้าที่เป็นผู้ช่วยทำการแนะนำผู้เรียนให้ใช้กระบวนการคิดฝึกฝนการตั้งคำถามหรือปรับความเข้าใจผู้เรียนให้สามารถตั้งคำถามให้มีความสมบูรณ์เพื่อให้สามารถนำคำถามนั้นมาสำรวจตรวจสอบ (Testable question) หรือสามารถตั้งสมมติฐานที่นำไปสู่กระบวนการทำงานขั้นตอนต่อไปได้

2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น

จากการสำรวจตรวจสอบคำถามที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลด้วยความละเอียด ถูกต้อง แม่นยำด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกฝนการใช้เครื่องมือต่าง ๆ พิจารณาเลือกใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง ดังนั้น ครูต้องให้ความสำคัญกับการเลือกใช้เครื่องมือของผู้เรียนเพื่อให้สามารถนำไปใช้สืบเสาะหาความรู้ได้จริง

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี

การนำข้อมูลที่ผู้เรียนได้มาทำการวิเคราะห์และสร้างอธิบายจากสิ่งที่ได้มาสิ่งที่อธิบายจะได้มาจากหลักฐานที่ปรากฏอย่างเป็นเหตุเป็นผลสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่ได้ตั้งไว้

4. ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เมื่อผู้เรียนได้ข้อมูลและทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะต้องสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ได้วิเคราะห์ออกมาโดยใช้องค์ความรู้ที่มีและสืบค้นเพิ่มเติมเพื่อดูความเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน

5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล

การที่ผู้เรียนได้ทำการสืบเสาะและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากผู้เรียนจะช่วยสร้างแรงจูงใจและแรงบันดาลใจในการเรียน การทำงานมากขึ้นโดยการสื่อสารออกมาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียน และยังเป็นการเปิดรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น เพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองได้อีกด้วย

ทั้งนี้ ความหลากหลายของการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) คือ

1) การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) เป็นการค้นหาหาความรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้สืบค้นข้อมูลและยืนยันที่ผ่านการสำรวจมาแล้ว

2) การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) เป็นการค้นหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

3) การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะ (Guided Inquiry) เป็นการค้นคว้าหาความรู้ที่ได้มาจากการสืบค้นของนักเรียน โดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา

4) การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เป็นการค้นคว้าหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง มีอิสระในการคิด นักเรียนกำหนดปัญหา ออกแบบ และดำเนินการสำรวจตรวจสอบ

โดยในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะประกอบไปด้วยหลักสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความยืดหยุ่น หมายถึง การผสมผสานห้องเรียนแบบสืบเสาะระดับต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสและให้อิสระทางความคิดกับครูผู้สอนมากขึ้นใน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

2. ความเหมาะสม หมายถึง กิจกรรมที่จัดขึ้นต้องเหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของทั้งครูและนักเรียนในขณะนั้น ๆ อีกทั้งยังต้องเหมาะสมกับเนื้อหาของบทเรียนและเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด

3. ความท้าทาย หมายถึง การที่ครูไม่เลือกที่จะย่ออยู่กับที่หรือเลือกที่จะใช้เฉพาะกิจกรรมที่ครูและนักเรียนคุ้นเคยและสามารถทำได้ดีแล้ว ดังนั้น ครูต้องใส่ความท้าทายลงไปในตัวกิจกรรมที่ละนิด เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของทั้งครูและนักเรียนด้วย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือ แนวทางที่สามารถช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะต้องการให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองไม่ใช่การรับความรู้จากครูทางเดียวเท่านั้น เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีแนวทางแบบเดียวกัน คือ ครูจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

2.4 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พบว่า เป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัดการเรียนรู้ในภาพรวมการประเมินผล ได้แก่ การตรวจสอบความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติ รู้จักหน้าที่และมีความสามารถในการใช้ห้องปฏิบัติการ ซึ่งพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนจะสะท้อนถึงวัตถุประสงค์ของรายวิชา ตามหลักสูตรที่สถานศึกษาได้กำหนดไว้ การวัดและประเมินผล ตัวผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงวัดและประเมิน 2 แนวทางคือการวัดและประเมินผลตามคู่มือ Taxonomy of Educational objectives ของ Bloom และการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ดังนี้

2.4.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ชุดแบบทดสอบที่ใช้สำหรับวัดความรู้ทักษะของผู้เรียน จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของครู (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2545; สมพร เชื้อพันธ์, 2547; สิริพร ทิพย์คง, 2545) แบ่งออกเป็น 6 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม โดยให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้และข้อคิดเห็นของตนเอง
2. แบบกาถูก-ผิด (True-False Test) คือ เป็นข้อสอบที่มี 2 ตัวเลือกแต่ตัวเลือกแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น
3. แบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่มีประโยคหรือข้อความยังไม่สมบูรณ์แล้วให้เลือกเติมคำ ประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง
4. แบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) มีลักษณะคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคให้สมบูรณ์

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีค่าหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 คู่แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับค่าหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ประกอบด้วย 2 ตอน คือ คำถาม (Stem) กับตัวเลือก (Choice) ในตัวเลือกนั้นจะมีทั้งคำตอบถูกและตัวลวง

จากการศึกษา พบว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 3-5 ตัวเลือก (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, 2558; พินยาภรณ์ ปัญญาหอม และคณะ, 2563) ดังนั้น ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงเป็นวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการสร้างแบบทดสอบที่นิยมนำมาใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา คือ แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แนวสะเต็มศึกษาถูกพัฒนาโดยนักการศึกษาชื่อว่า Georgette Yakman ซึ่งมีแนวคิดของการพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยการเพิ่มศิลปะ (Art) มาบูรณาการกับรายวิชาของสะเต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดย Yakman ได้กล่าวว่า แนวสะเต็มศึกษา คือ กรอบการทำงานที่สามารถช่วยเตรียมความพร้อมของพลเมืองให้พร้อมในศตวรรษที่ 21 ให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง บูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิตและช่วยให้นักเรียนได้ใช้ทั้งสมองซีกซ้ายและขวาในการเรียนรู้ ส่งผลให้การเรียนรู้มีความสมดุลและครอบคลุมยิ่งขึ้น (Kang et al., 2019; Riley, 2016; Yakman, 2008; สุภัค โอฬารพิริยกุล, 2563)

ในปัจจุบันการพัฒนาผู้เรียนให้มีความพร้อมในการศึกษายุค Thailand 4.0 ได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างสรรค์นวัตกรรมและการทำวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การนำศิลปะ (Art) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีความครอบคลุมตั้งแต่การวาดภาพ ไปจนถึงประวัติศาสตร์ (Mishook & Mindy, 2006) เข้ามาร่วมในกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและทักษะทางความคิดของผู้เรียน

ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น (Aguilera Morales & Ortiz-Revilla, 2021) จะเห็นได้ว่าการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนสามารถตอบโจทย์การพัฒนาผู้เรียนให้พร้อมกับการเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ได้ โดย Hong (2017) เสนอว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันกับผู้เรียนและส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์รวมถึงช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสื่อสารให้กับผู้เรียนด้วยจากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนระดับประถมศึกษา โดยได้ถูกระบุไว้ในหลักสูตรในระดับประถมศึกษาของหลากหลายประเทศทั่วโลก เช่น ประเทศเกาหลี ประเทศตุรกี ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (Duban et al., 2018; Kang et al., 2019) นอกจากนี้ ศิลปะที่เป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง ศิลปะในด้านจิตรศิลป์ (Fine Arts) ทัศนศิลป์ (Visual Arts) ศิลปศาสตร์ (Liberal Arts) และภาษาศาสตร์ (Language Arts) สามารถบูรณาการให้เข้ากับทุก ๆ รายวิชาได้ ทำให้เกิดเป็นแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไป (Yakman, 2010; สมรัก อินทวิมลศรี และคณะ, 2562) จะเห็นได้ว่าการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนสามารถตอบโจทย์การพัฒนาผู้เรียนให้พร้อมกับการเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ได้ โดย Hong (2017) เสนอว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันกับผู้เรียนและส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์รวมถึงช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสื่อสารให้กับผู้เรียนด้วย จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนระดับประถมศึกษา โดยได้ถูกระบุไว้ในหลักสูตรในระดับประถมศึกษาของหลากหลายประเทศทั่วโลก เช่น ประเทศเกาหลี ประเทศตุรกี ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (Duban et al., 2018; Kang et al., 2019)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะทางศิลปะเข้ากับรายวิชาของสะเต็มศึกษามาใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อีกด้วยโดยในหลายประเทศที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาจึงได้นำมากำหนดไว้ในหลักสูตรเพื่อเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้

3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาพัฒนามาจากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 5 รายวิชา สามารถส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนได้ทั้งความรู้ ทักษะและกระบวนการคิด โดยความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งความสามารถสำคัญที่สะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้เกิดหรือพัฒนาขึ้นในตัวผู้เรียนได้ ช่วยให้ผู้เรียนค้นหาวิธีการหรือกระบวนการใหม่ ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวัน (สุภค โอฬาริยกุล, 2563) จากการศึกษาพบว่า มีนักการศึกษาหลายคนได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการเปลี่ยนกระบวนการศึกษาไปสู่การบูรณาการ “ศิลปะ” (Arts) เข้ามาพร้อมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Bertrand & Namukasa, 2020; Riley, 2016) จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ศิลปะได้เข้ามามีบทบาทช่วยให้นักเรียนสามารถคิดนอกกรอบและมองเห็นปัญหาจากมุมมองที่หลากหลายเติมเต็มกระบวนการคิดสร้างสรรค์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยมีรายวิชาดั้งเดิม (Traditional Academic Subjects) ได้แก่ วิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีเป็นการใช้ความรู้และทักษะในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือและระบบต่าง ๆ ที่ช่วยแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน วิศวกรรมศาสตร์นำมาใช้ในการออกแบบสร้างและพัฒนาผลิตภัณฑ์และเพื่อสนองความต้องการและคณิตศาสตร์เกี่ยวกับจำนวน โครงสร้าง รูปทรง และการเปลี่ยนแปลง ผ่านการวิเคราะห์การคำนวณเป็นกรอบแนวคิดเพื่อใช้สำหรับการบูรณาการ (Kim & Park, 2012; Sharapan, 2012; Sochacka et al., 2016) จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีเป้าหมายเพื่อเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมกับการแยกแยะปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันโดยใช้นวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ ความร่วมมือและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในแง่ของข้อมูลใหม่ที่มีประโยชน์ (Herro & Quigley, 2016)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชื่อมโยง 5 รายวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันผ่านสถานการณ์ต่าง ๆ นำไปสู่การออกแบบใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการค้นหาวิธีการใหม่ ๆ หลากหลายวิธีนำไปสู่การแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีพื้นฐานมาจากปรัชญาคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) มีแนวทางในการเน้นผู้เรียนที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (Gross & Gross, 2016; Kelly & Steve, 2016; Yakman, 2008) นักการศึกษา Dewey (1934) และ Freire (2000) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ คือ การบูรณาการความรู้ ความสามารถ ความสนใจและความถนัดของตนเองในศาสตร์ของสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่นเดียวกับ (Gross & Gross, 2016) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรียกว่า Actively Construct สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ให้ความสำคัญกับการใช้ศิลปะมาช่วยในการออกแบบที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาต่าง ๆ (Gross & Gross, 2016; Stroud & Baines, 2019) ซึ่งการเพิ่มศิลปะเข้ามาเพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวาโดยการเพิ่มศิลปะมาช่วยสนับสนุนจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์หรือการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ (Florida, 2014)

Yakman (2010) ได้จัดลำดับขั้นตอนการจัดการศึกษาตามแนวสะเต็มศึกษาให้มีเนื้อหาที่เหมาะสมกับพัฒนาการและวัยของผู้เรียน โดยสร้างกรอบงานเพื่อกำหนดโครงสร้างและวิเคราะห์ลักษณะการศึกษาโดยมีหลักการ คือ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านวิศวกรรมศาสตร์และศิลปะโดยมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน ดังนี้

- วิทยาศาสตร์ (Science) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นตามได้ธรรมชาติ ครูส่งเสริมกระบวนการคิดผ่านการใช้ทักษะการสังเกต การทดลอง การคาดการณ์การแลกเปลี่ยนสิ่งที่ค้นพบ การตั้งคำถาม และการแสวงหาคำตอบ

- เทคโนโลยี (Technology) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ครูส่งเสริมการปฏิบัติ (Doing) การใช้เครื่องมือ (Tool) ในการประดิษฐ์ผลงาน (Invention) และการระบุปัญหา (Identifying)

- วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์และตรรกะหลักคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการเชื่อมโยง ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติ (Doing) ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) โดยการใช้วัสดุ อุปกรณ์ การประดิษฐ์ผลงาน

- คณิตศาสตร์ (Mathematic) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับตัวเลข การวิเคราะห์ข้อมูลความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การใช้เหตุผลและการพิสูจน์ ครูจัดการเรียนรู้โดยเน้นทักษะ

การวัด (Measuring) ในการจัดลำดับ (Sequencing) การกำหนดรูปแบบ (Patterning) และการสำรวจรูปทรงต่าง ๆ (Exploring Shapes) เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม

- ศิลปะ (Arts) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้ศิลปะทางด้านจิตรศิลป์ (Fine Arts) ทศนศิลป์ (Visual Arts) ศิลปศาสตร์ (Liberal Arts) และภาษาศาสตร์ (Language Arts) งานศิลปะที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อความงาม ความพึงพอใจและสามารถบูรณาการให้เข้ากับทุก ๆ รายวิชาได้ ทำให้เกิดเป็นแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามปัญหาและการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความจริงจากประสบการณ์ที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และทักษะในการเปลี่ยนความคิดให้กลายเป็นความจริง

3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีดังต่อไปนี้

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นกระบวนการสะเต็ม (The STEAM Process) (Riley, 2014) คือ การสอนแบบบูรณาการ (Foundation of Integration) ทุกวิชารวมกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate) คือ ครูและนักเรียนร่วมกันค้นหาขอบเขตของปัญหาในบทเรียน
2. ขั้นค้นพบ (Discovery) คือ ครูและนักเรียนร่วมกันสร้างผังความคิด (Schema Map) ที่เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจ โดยในขั้นนี้จะทำให้ทราบลำดับขั้นของการค้นหา
3. ขั้นเชื่อมโยง (Connect) คือ หลังจากที่เราสร้างผังความคิดแล้วให้ครูและนักเรียนเลือกหัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับปัญหามาอย่างน้อย 2 ข้อ โดยหัวข้อที่เลือกมาต้องสามารถวัดประเมินผลได้ตามมาตรฐานการเรียนรู้
4. ขั้นสร้าง (Create) คือ นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาที่กำหนด
5. ขั้นสะท้อน (Reflect) คือ หลังจากที่เราสร้างชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะต้องทำใบประเมินกิจกรรมเพื่อสะท้อนหรือวิจารณ์งานของตนเอง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ นักการศึกษา Riley (2016) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)** ครูและนักเรียนช่วยกันเลือกคำถามที่ต้องการหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. **ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)** ครูและนักเรียนนำคำถามมาวิเคราะห์หารายละเอียด โดยให้ผู้เรียนจะช่วยกันคิดวิธีการที่หลากหลายหรือค้นพบองค์ประกอบที่ทำให้ครูได้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีและใช้เพื่อแก้ไขปัญหา
3. **ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)** นักเรียนทำการศึกษาค้นหาข้อมูลที่จำเป็นและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยครูวิเคราะห์ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนยังขาดได้ในขั้นนี้และครูสามารถช่วยเติมเต็มความรู้และทักษะบางอย่างที่หายไปช่วยให้ผู้เรียนมีความชัดเจน
4. **ขั้นประยุกต์ (Application)** หลังจากนักเรียนได้ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถวิเคราะห์หาทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามนั้นแล้ว ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ของตนเองในการวาดภาพ ออกแบบและอธิบายวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะได้แสดงทักษะและองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าออกมาทางผลงาน
5. **ขั้นนำเสนอ (Presentation)** ผู้เรียนเผยแพร่และแลกเปลี่ยนผลงานหรือมุมมองของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับชมด้วยวิธีการสร้างสรรค์และสวยงาม ผู้ที่รับชมผลงานมีโอกาสได้ให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะแก่ผู้นำเสนอ ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และรับคำแนะนำ
6. **ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)** นักเรียนมีโอกาสสะท้อนข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วโดยการนำข้อเสนอแนะหรือการคิดที่หลากหลายมากขึ้นไปใช้ปรับปรุงผลงานหรือวิธีการแก้ปัญหาของตนเองเพื่อผลิตผลงานหรือทางแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

จากการศึกษา พบว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานี้ กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน ได้ถูกนำมาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา (สมรัก อินทวิมลศรี และคณะ, 2554) ผลการศึกษา พบว่า ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือทำด้วยตนเอง ผูกการคิดอย่างมีขั้นตอนซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันผ่านขั้นตอนการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน สอดคล้องกับแนวคิดของ Yakman (2008) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่ให้นักเรียนได้คิดหลากหลายเพื่อเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา

ปัทมา จงลือชา (2565) ได้นำขั้นตอนการเรียนรู้แบบ 6E Learning (The 6E Learning By Design) มาใช้จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อนำมาใช้แก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักการ ความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเน้นการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ในด้านศิลปะ การออกแบบ และการนำเสนอ ซึ่งช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสื่อสารของนักเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษานั้น ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ผสานเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะต่าง ๆ ทั้งศาสตร์และศิลป์ไปพร้อมกันไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในชีวิตจริงผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ การจัดการตามแนวสะเต็มศึกษาเหมาะที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นกระบวนการคิดของแต่ละบุคคลที่คิดสิ่งแปลกใหม่โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามทฤษฎีของเพียเจต์ พบว่า ผู้เรียนระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 6 -11 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดอย่างเป็นรูปธรรมผู้เรียนจะมีพัฒนาการของความคิด และสติปัญญาอย่างรวดเร็วผู้เรียนเริ่มคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักวางแผนการทำงาน (McLeod, 2024) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มเน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) มีขั้นตอนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาได้และ เหมาะกับการที่จะนำมาใช้ส่งเสริมพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับ ผู้เรียนได้ดีที่สุด

จากการศึกษารูปแบบและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับ ชั้นประถมศึกษา โดยศิลปะเข้ามาผสมผสานในด้านการวาดภาพ ออกแบบชิ้นงาน การลงสี เพื่อความสวยงามและความพึงพอใจในผลงานกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวา ด้านจินตนาการและการคิดแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของ การเรียนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ทำให้ผู้เรียน เกิดการคิดนอกกรอบและสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นมาได้ (Batista et al., 2023; Gross & Gross, 2016; Yakman, 2008; ปัทมา จงลือชา, 2565) ผู้วิจัยได้เลือกขั้นการจัดการ เรียนรู้ของ Riley (2016) ที่เน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน โดยบูรณาการ Interdisciplinary แบบ infusion ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีกระบวนการที่จะช่วย พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 2) ศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดแบบแผนการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การพัฒนาเครื่องมือวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

1. การกำหนดแบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre - Experimental Design) แบบ One Group Pretest – Posttest Design ผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว คือ กลุ่มทดลองที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553) ดังตาราง

ตาราง 5 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	Pre-test	Treatment	Post-test
E_1	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

- | | |
|-------|---------------------------|
| E_1 | หมายถึง กลุ่มทดลอง |
| T_1 | หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน |
| X | หมายถึง ตัวแปรจัดกระทำ |
| T_2 | หมายถึง การทดสอบหลังเรียน |

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี นักเรียน 3 ห้องเรียน จำนวน 98 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี จำนวน 98 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ด้วยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมา 2 ห้องเรียน ซึ่งนักเรียนทั้ง 2 ห้องมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายในการสอนตลอดทั้งปีการศึกษา

3. การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย

3.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 ตัวชี้วัดที่ ป.3/1 ยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ป.3/2 บรรยายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบุแหล่งพลังงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้และป.3/3 ตระหนักในประโยชน์และโทษของไฟฟ้าโดยนำเสนอวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาที่อิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) โดยครูผู้สอนแต่ละระดับชั้นสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองตามบริบทพื้นฐานของนักเรียน

1.3 ศึกษา ทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้เลือกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานี้เน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน (Riley, 2016) ดังนี้ 1) ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) 2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) 3) ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) 4) ขั้นประยุกต์ (Application) 5) ขั้นนำเสนอ (Presentation) 6) ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation and Improvement)

1.4 กำหนดโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังตาราง 6 และ 7

ตาราง 6 ตารางแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	เวลาที่ใช้ (คาบ)
1	กังหันพลังใจ	4
2	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	6
3	บ้านรักษ์พลังงาน	4
รวมจำนวนคาบ		14 คาบ

ตาราง 7 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผน	เรื่อง	สถานการณ์	เนื้อหาบูรณาการ					กิจกรรม/ ชิ้นงาน	เวลาที่ใช้ (คาบ)
			S	T	E	A	M		
1	กังหันพลังจลน์	“ณ โรงเรียนชุมชนแห่งหนึ่งบนภูเขาสูงประสบปัญหาไฟฟ้ายังไม่ถึงแต่บริเวณรอบโรงเรียนจะมีลมพัดผ่านอยู่ตลอดเวลา ครูและนักเรียน ในโรงเรียนจึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานจากลมเพื่อผลิตไฟฟ้าไว้ใช้ภายในโรงเรียน” โดยในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนแห่งนี้จะต้องอาศัยเครื่องมือที่สำคัญ คือ “กังหันลม”	- การเปลี่ยนแปลงพลังงาน - บรรยายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	- หลอดLED สารกึ่งตัวนำไฟฟ้า - การทำงานของกังหันลม	- การออกแบบกังหันลมและลักษณะของใบพัดให้มีสอยงาม ใบพัดให้มีขนาดเหมาะสม	- การตกแต่งใบพัดและเสาให้มีความสวยงาม เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก	- การนับจำนวนของขดลวดที่พันเพื่อสร้างกังหันพลังจลน์	สร้างแบบจำลอง	6
2	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	“นักเรียนและเพื่อนมีโอกาสดูไปเข้าค่ายฤดูร้อนที่เรียนรู้การใช้ชีวิต โดยกิจกรรมหนึ่งนักเรียนต้องเข้ารวม คือ การทำอาหาร” โดยใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ นักเรียนคิดว่าจะใช้แหล่งพลังงานใดและใช้อุปกรณ์ใดมาทำอาหารได้บ้าง	- แหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้า	- การทำงานของเตาอบที่ใช้แสงอาทิตย์ในการทำอาหาร	- การออกแบบเตาอบจากกล่องกระดาษ	ความสวยงามของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	- ขนาดและรูปทรงของเตาอบที่เหมาะสมในการกรทำอาหาร	สร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	4
3	บ้านรักษ์พลังงาน	“ครอบครัวของหนูดีทำการซื้อบ้านใหม่และต้องการจัดวางเครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน รวมไปถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า ทุกชนิดที่กำลังจะตัดสินใจซื้อประกอบ ด้วย โทรทัศน์ ตู้เย็น พัดลม เครื่องปรับอากาศในห้องนอน 2 ตัว และห้องนั่งเล่น 1 ตัว กระติกน้ำร้อน ไมโครเวฟ หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น หนูดีควรจะเลือกและจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมเพื่อให้บ้านของหนูดีใหม่ของหนูดีสามารถประหยัดพลังงานและปลอดภัยได้มากที่สุด”	- การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยโดยการเลือกฉลากเบอร์ 5, 3 ดาว	- อุปกรณ์/เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ช่วยประหยัดพลังงาน	- การวางแผนจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับขนาดของห้อง	- การวาดภาพการจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้มีความเป็นระเบียบสวยงาม	- พื้นที่ของเตาอบ ช่องว่างของเครื่องใช้ไฟฟ้า บ้านรักษ์พลังงาน	ใบกิจกรรมสร้างแบบจำลองบ้านรักษ์พลังงาน	4
รวม									14

1.5 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ใจความสำคัญ สาระการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน (Riley, 2016) บูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ (เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์) ชิ้นงานหรือภาระงาน ใบกิจกรรม สื่อการสอน แหล่งการเรียนรู้การวัดและประเมินผล

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จำนวน 3 แผน ได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดกิจกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผล ความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ จากนั้นนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์โดยทำการปรับปรุงขั้นตอนการสอนและการวัดและการประเมินผล

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และด้านการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบหาความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ระหว่างองค์ประกอบและความถูกต้องของเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้

ผลการพิจารณาความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 การพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.33 – 4.00 อยู่ในระดับปานกลางถึงมากของรายการการประเมิน (ดังภาคผนวก ค) โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กังหันพลังใจ

- ในสาระสำคัญพบเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้ครอบคลุมมากขึ้น

- ปรับแก้ไขวัตถุประสงค์จากคำว่า “แบบจำลอง” เป็น “โมเดล”

- ปรับแก้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 สถานการณ์ให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และระบุนิยามของโมเดลที่นักเรียนจะต้องสร้างขึ้นให้ชัดเจน

- เพิ่มการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในตารางการประเมิน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

- ในสาระสำคัญพบเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้ครอบคลุมมากขึ้น
- ปรับแก้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 และ 2 สถานการณ์ควรให้นักเรียนได้คิดก่อนว่าควรจะทำอย่างไร แล้วครูจึงจะนำเสนอการทำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์
- เพิ่มการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในตารางการประเมิน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 บ้านรักษ์พลังงาน

- ในสาระสำคัญพบเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้ครอบคลุมมากขึ้นและเพิ่มเหตุผลที่ต้องประหยัดพลังงานและความปลอดภัย
- ปรับแก้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 สถานการณ์จากการจัดว่าอุปกรณ์ไม่ดีเท่ากับทำให้ค่าไฟแพงเป็น “การออกแบบการจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านให้ประหยัดและปลอดภัย”

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน แล้วปรับแก้ไข ดังนี้

- ปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน ลักษณะของสถานการณ์และสิ่งที่ต้องทำให้ชัดเจนและใกล้เคียงกับสิ่งที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน และขั้นของการศึกษาค้นคว้าปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมแหล่งเรียนรู้จากอินเทอร์เน็ตและใบความรู้

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ โดยประกอบด้วยแบบวัด 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาบทความวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ใช้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลของการคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว จากจำนวนแนวคิดที่แตกต่าง

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดของผู้เรียนของการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย จากจำนวนประเภทของแนวคิด

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดที่มีลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดของคนอื่นซึ่งพิจารณาจากชิ้นงาน โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีประโยชน์ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ในตัวผู้เรียนจากความเป็นเอกลักษณ์ของแนวคิดที่ผลิตเมื่อเทียบกับคำตอบทั้งหมด

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) โดยการนำคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับให้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน ตัวอย่างคำถามของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน แสดงดังแผนภาพ เช่น ตารางตัวอย่างคำถามวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คำถามข้อที่ 1 ผลิตภัณฑ์ทางเทคนิค

คำถามข้อที่ 1 วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มผ่านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ดังนี้

ตาราง 8 ตัวอย่างคำถามก่อนเรียนและหลังเรียน

คำถามชุด ก่อนเรียน		คำถามชุด หลังเรียน	
คำถาม	ตัวอย่างแนวคำตอบ	คำถาม	ตัวอย่างแนวคำตอบ
1. ให้นักเรียนออกแบบปากกาพร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด(นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพแทนการเขียนได้)	1. ปากกามีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา 2. ปากกามีความยืดหยุ่นบริเวณที่นิ้วสัมผัส 3. น้ำหนักของปากกามีหลายสีในแท่งเดียวกัน สามารถเลือกใช้งานได้ง่าย	1. ให้นักเรียนออกแบบปากกาไวท์บอร์ดพร้อมทั้งระบุคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด(นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพแทนการเขียนได้)	1. น้ำหนักของปากกาที่ใช้เขียนกระดานต้องไม่เป็นอันตรายกับผู้ใช้งาน/เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 2. ออกแบบปากกาไวท์บอร์ดให้สามารถฉายไฟสำหรับส่องแสงหรือเลเซอร์สำหรับชี้

ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์จากแนวคิดของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ความคิดคล่องแคล่ว (จำนวน 2 ข้อ)	ข้อละ 3 คะแนน	กำหนดเวลา 15 นาที ให้คะแนนของคำตอบจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยนับจำนวนแนวคิดที่แตกต่างที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้หรือเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ดังนี้ 1. คำตอบ ≥ 5 คำตอบขึ้นไป ได้ 3 คะแนน 2. คำตอบ 3 - 4 คำตอบ ได้ 2 คะแนน 3. คำตอบ 1 - 2 คำตอบ ได้ 1 คะแนน 4. ไม่คำตอบ ได้ 0 คะแนน
ความคิดยืดหยุ่น (จำนวน 2 ข้อ)	ข้อละ 3 คะแนน	กำหนดเวลา 15 นาที ให้คะแนนกลุ่ม ประเภทของคำตอบที่แตกต่างโดยนับคะแนนจากจำนวนประเภทที่ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีประโยชน์ มีเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ดังนี้ 1. จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่มขึ้นไป ได้ 3 คะแนน 2. จัดกลุ่มได้ 2 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน 3. จัดกลุ่มได้ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน 4. ไม่มีคำตอบ ได้ 0 คะแนน
ความคิดริเริ่ม (จำนวน 2 ข้อ)	ข้อละ 3 คะแนน	กำหนดเวลา 15 นาที ให้คะแนนคำตอบที่มีความแปลกใหม่จากการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีประโยชน์ โดยนับคะแนนคำตอบที่ต่างจากคำตอบของคนอื่น มีเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ดังนี้ 1. คำตอบไม่ซ้ำใคร ได้ 3 คะแนน 2. คำตอบซ้ำกัน 1-2 คน ได้ 2 คะแนน 3. คำตอบซ้ำกัน 3 คน ได้ 1 คะแนน 4. คำตอบซ้ำกันมากกว่า 3 คน ได้ 0 คะแนน
รวม	9 คะแนน	

โดยนำคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามทั้งหมด 6 ข้อคำถาม ข้อละ 9 คะแนน แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ชุดละ 3 ข้อ รวมชุดละ 27 คะแนน มาแปลผล

เป็นระดับความสามารถตามเกณฑ์ของพิมพ์ชนก แพงไตร (2558) และ อรุณา ดิษกิงสะเกราช (2565)

คะแนนอยู่ในช่วง 0 – 2 คะแนน อยู่ในระดับปรับปรุง

คะแนนอยู่ในช่วง 3 – 4 คะแนน อยู่ในระดับต่ำ

คะแนนอยู่ในช่วง 5 – 6 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนอยู่ในช่วง 7 – 9 คะแนน อยู่ในระดับสูง

2.3 เสนอแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบ ความสอดคล้องของข้อคำถามและนิยามศัพท์เฉพาะและความเหมาะสมด้านภาษา และการนำไปใช้

2.4 ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

- ปรับลักษณะข้อคำถามให้มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน เช่น นอกจาก การเขียนตอบนักเรียนสามารถวาดภาพแสดงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ในข้อที่ 1 ของทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

2.5 เสนอแบบวัดต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบหาความสอดคล้องของข้อคำถามและนิยามศัพท์เฉพาะพิจารณาตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli, 1976)

ผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 การพิจารณาด้านความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และฉบับหลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.67 อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ดังภาคผนวก ค) โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็น ดังนี้

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ฉบับก่อนเรียน

- ข้อที่ 2 ปรับแก้คำถามจากให้นักเรียนเขียนความรู้เกี่ยวกับ “แม่เหล็ก” ตามที่นักเรียนเข้าใจมาให้ได้มากที่สุด เปลี่ยนเป็น “ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”

- ข้อ 3 ปรับแก้คำถามถ้าดวงอาทิตย์กำลังจะหมดแสง อาจจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง เปลี่ยนเป็น “นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่มี ชั้นบรรยากาศ” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ฉบับหลังเรียน

- ข้อที่ 2 ให้นักเรียนเขียนความรู้เกี่ยวกับ “จุลินทรีย์” ตามที่นักเรียนเข้าใจมาให้ได้มากที่สุด เปลี่ยนเป็น “ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของพลาสติกในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”

- ข้อที่ 3 ถ้าพืชสามารถเคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระเหมือนกับสัตว์จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง เปลี่ยนเป็น “นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นเวลา 1 ปี” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด”

2.6 ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วทำการตรวจสอบอีกครั้ง

2.7 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

2.8 ทำการวิเคราะห์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) อำนาจจำแนก (r) (โชติกา ภาชีผล et al., 2558) ผลการพิจารณาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ แบบวัดฉบับก่อนเรียน พบว่า ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.54 – 0.65 อำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.27 - 0.46 แบบวัดฉบับหลังเรียน พบว่า ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.51 อำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.26 - 0.47 และพิจารณาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคแบบวัดฉบับก่อนเรียนอยู่ที่ระดับ 0.71 แบบวัดฉบับหลังเรียนอยู่ที่ระดับ 0.72 ซึ่งแสดงถึงระดับที่ยอมรับได้และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.597 แสดงถึงค่าความสัมพันธ์กันในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าระดับความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

เป็นแบบวัดที่ใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานบนโลกของเราด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ลักษณะแบบวัดปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ และเลือกนำมาใช้เพียง 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

3.1 ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

3.2 กำหนดสัดส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนตามทฤษฎีของ Bloom ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการประยุกต์ให้สอดคล้องกับผลการจัดการเรียนรู้ของ บทเรียนตามสภาพจริง ได้แก่ เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา เพื่อกำหนดรูปแบบของแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะเป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน และเลือกนำมาใช้เพียง 30 ข้อ รวม 30 คะแนน โดยใช้เวลาทำแบบวัด 30 นาที ดังตารางวิเคราะห์ ดังนี้

ตาราง 10 วิเคราะห์ข้อสอบ เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา

มาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม			รวมข้อ
		ความรู้ – จำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	
มาตรฐาน ว 2.3					
ตัวชี้วัดที่ ป.3/1 ยกตัวอย่างการเปลี่ยนพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงาน หนึ่งได้ (ความรู้ – จำ ข้อ 1-11) (ความเข้าใจ ข้อ 12-14) (การนำไปใช้ ข้อ 15)	11	3	1	15
ตัวชี้วัดที่ ป.3/2 บรรยายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบุ แหล่งพลังงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ (ความรู้ – จำ ข้อ 16-18), (ความเข้าใจ ข้อ 19-20)	3	2	-	5
	2. นักเรียนสามารถระบุและอธิบายแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ (ความรู้ – จำ ข้อ 21-25), (ความเข้าใจ ข้อ 26-30)	5	5	-	10
	3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานได้ (ความรู้ – จำ ข้อ 31-32), (ความเข้าใจ ข้อ 33-34), (การนำไปใช้ ข้อ 35-37)	2	2	3	7
ตัวชี้วัดที่ ป.3/3 ตระหนักในประโยชน์และโทษของไฟฟ้า โดยนำเสนอวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้ (ความรู้ – จำ ข้อ 38-39), (ความเข้าใจ ข้อ 40-41), (การนำไปใช้ ข้อ 42-46)	2	2	5	9
	2. นักเรียนสามารถจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้านได้วิธีการถูกต้องและปลอดภัย (ความเข้าใจ ข้อ 47-48), (การนำไปใช้ ข้อ 49-50)	-	2	2	4
รวม		23	16	11	50

3.3 จัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ให้ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.4 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา ตัวชี้วัด พฤติกรรมและการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

- ปรับแก้ลักษณะคำถามให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบหลักฐานด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาความสอดคล้องของข้อคำถาม พฤติกรรมที่ต้องการวัดและลักษณะการใช้ภาษา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยกำหนดเกณฑ์การประเมินและการแปลความหมายของเกณฑ์ ดังนี้

ผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 การพิจารณา ด้านความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์มีค่าอยู่ระหว่าง 3.67 – 5.00 อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดของรายการการประเมิน (ดังภาคผนวก ค) โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็น ดังนี้

- ปรับตัวเลือกคำถามให้มีความชัดเจนขึ้น
- ปรับพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้มีความชัดเจน เช่น ข้อ 11 – 13 เปลี่ยนเป็นการวัดความรู้-ความจำ

- ปรับข้อคำถามใหม่ ข้อ 15 “ถ้าเด็กชายไนท์ต้องการติดหลอดไฟที่ประตูรั้วบ้าน โดยที่ไม่ต่อกับไฟฟ้าในบ้าน เด็กชายไนท์ต้องทำอะไร”

3.6 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขมาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทอีกครั้ง

3.7 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบรายข้อในด้านความยากอำนาจจำแนก โดยมีค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20 - 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 - 0.80 และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ คำนวณค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้สูตรคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson : KR-20) ดังนี้ ข้อสอบต้องเป็นข้อสอบแบบให้คะแนนถูกหรือผิด คือ มีคะแนน 0 หรือ 1 คะแนน (สมพิศ กาญจนาเพ็ญกุล, 2553) ผลการพิจารณาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.77 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.64 และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทั้งฉบับโดยใช้สูตรคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson : KR-20) มีค่า 0.75 ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ได้ จำนวน 36 ข้อ และเลือกนำไปใช้จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ค) เพื่อนำทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3.8 นำผลการทดลองใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ปรีกษาอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทปรับแก้และนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

1. ผู้วิจัยทำการแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนทราบ
2. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมทั้งอธิบายแนวปฏิบัติให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างรับทราบ

ระยะที่ 2 การดำเนินการทดลอง

1. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจำนวน 3 แผน รวม 14 คาบ

ระยะที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากการทดลอง

1. หลังจากที่ได้ดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับกลุ่มตัวอย่างแล้ว จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์การให้คะแนนทั้งก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของภาพรวมจำนวนนักเรียนตามระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังเรียน

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-Test for Dependent Samples)

4. การวิเคราะห์พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการและแปลคะแนนตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ โดยใช้เกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาสี (2552) จากนั้นหาความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนตามระดับพัฒนาการ

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากแบบวัดคุณานัน โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-Test for Dependent Samples)

5.1 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยใช้ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) (Rovinelli, 1976) โดยใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณาไม่มีความถูกต้องสอดคล้องกัน

จากนั้นพิจารณาการประเมินค่าความสอดคล้อง โดยพิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

(Rovinelli, 1976)

ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลด้านความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) ดังนี้

- 4.21-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 3.41-4.20 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 2.61-3.40 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 1.81-2.60 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1.00-1.80 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Coefficient of Correlation) โดยใช้สูตร (ยุทธ ไทยวรรณ, 2549) ดังนี้

$$\rho = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sqrt{(\text{var}(x))(\text{var}(y))}}$$

โดยที่ $\text{cov}(x,y)$ เป็นค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร x และ y

$\text{var}(x)$ เป็นความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ x

$\text{var}(y)$ เป็นความแปรปรวนของตัวแปรตาม y

3. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาหรือ Alpha Coefficient (α - Coefficient) (Cronbach, 1990)

$$\alpha_k = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\text{Sum } s_{\text{items}}^2}{s_{\text{Total}}^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา
	K	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\text{Sum } s_{\text{item}}^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
	$\text{Sum } s_{\text{Total}}^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทุกข้อ

4. หาค่าความยากของแบบทดสอบ

$$\text{ดัชนีความยาก (Index of Difficulty)} = \frac{(S_H + S_L) - (N_T)(X_{Min})}{(N_T)(X_{Max} + X_{Min})}$$

เมื่อ	S_H	หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	X_{Max}	หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ คะแนนเต็มของข้อสอบนั้น ๆ
	X_{Min}	หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ คะแนนต่ำสุดของข้อสอบนั้น ๆ
	N_T	หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ
	N_H	หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

5. ค่าความยากง่าย (P) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539)

$$P = \frac{P_H + P_L}{2N}$$

เมื่อ	P	แทน ค่าความยากง่าย
	P_H	แทน คนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	P_L	แทน คนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N	แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

6. ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539)

$$r = \frac{R_H + R_L}{N}$$

เมื่อ	r	แทน ค่าอำนาจจำแนก
	R_H	แทน คนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	แทน คนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N	แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

7. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Method) โดยใช้สูตร KR-20 (สุนทร โคตรบรรเทา, 2560) ดังนี้

$$A = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum \alpha_i^2}{\alpha^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\sum \alpha_i^2$	แทน ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ
	α_i^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

8. วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียนใช้การทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน (t-Test for Dependent Samples) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ	t	แทน การทดสอบค่าที่
	D	แทน ผลต่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน
	n	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

9. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คำนวณคะแนนพัฒนาการ จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการและแปลคะแนนตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ โดยใช้เกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ดังนี้

$$S = \frac{100 (Y - X)}{F - X}$$

เมื่อ	S	แทน คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์
	F	แทน คะแนนเต็มของการวัดครั้งแรกและครั้งหลัง
	X	แทน คะแนนการวัดครั้งแรก
	Y	แทน คะแนนการวัดครั้งหลัง

เกณฑ์คะแนนพัฒนาการเทียบระดับพัฒนาการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) ดังนี้

76 - 100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51 - 75	พัฒนาการระดับสูง
26 - 50	พัฒนาการระดับกลาง
0 - 25	พัฒนาการระดับต้น

6. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการด้านจริยธรรมในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาในมนุษย์จึงได้มีการวางแผนการวิจัยด้วยความระมัดระวังอย่างมาก เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 อายุต่ำกว่า 18 ปีบริบูรณ์ยังอยู่ในความดูแลของผู้ปกครอง ผู้วิจัยผ่านการเข้ารับการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์พื้นฐานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ผ่านเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการเก็บข้อมูลและขอใบรับรองการทำวิจัยจากหน่วยงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดช่วงเวลาในการทำการวิจัย ในการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการแจ้งรายละเอียดและขั้นตอนให้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมกันวิจัยทราบและยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้ และไม่มีการเปิดเผยข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากเป็นข้อมูลสำหรับการใช้ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น โดยวิเคราะห์ตามหลักจริยธรรมการวิจัยในคน ดังนี้

1. หลักความเคารพในบุคคล (Respect for Person) การศึกษาในครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนกลุ่มทดลองในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนในการทำการวิจัยผู้วิจัยต้องให้ผู้ปกครองต้องลงนามในหนังสือให้ความยินยอมกับนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยก่อนการดำเนินการเก็บข้อมูล

2. หลักการให้ประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Beneficence) การทำวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื้อหาที่ใช้ศึกษามีความเกี่ยวข้องกับในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ไม่มีเนื้อหาที่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่อย่างใด

3. หลักความยุติธรรม (Justice) ในการทำการวิจัยผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสิทธิไม่ตอบคำถามหรือถอนตัวเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องบอกเหตุผลและไม่มีผลเสียใด ๆ ตามมา

ทั้งนี้ เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามจริยธรรมดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการขอรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และได้รับเอกสารรับรองโครงการวิจัยจากหน่วยงานคณะกรรมการจริยธรรมตามหนังสือหมายเลข SWUEC-G- 115/2566E

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1.1 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์การให้คะแนน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	จำนวน นักเรียน	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	p
			$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
ความคิดคล่องแคล่ว	30	9	4.13	1.48	45.9	5.20	1.63	57.8	3.52*	0.001
ความคิดยืดหยุ่น	30	9	4.00	1.49	44.4	5.80	1.35	64.4	4.71*	<0.001
ความคิดริเริ่ม	30	9	1.83	1.62	20.3	5.80	2.04	64.4	9.99*	<0.001
ภาพรวม	30	27	9.96	3.06	36.9	16.80	3.74	62.6	9.69*	0.001

*p<.05

จากตาราง 11 เมื่อพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า ร้อยละเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยภาพรวมและรายองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนแต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยโดยภาพรวมหลังเรียน ($M = 16.80$, $S.D. = 3.74$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 9.96$, $S.D. = 3.06$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 9.69$, $p = .001$) และเมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความคิดยืดหยุ่น ($M = 5.80$, $S.D. = 1.35$) และความคิดริเริ่ม ($M = 5.80$, $S.D. = 2.04$) หลังเรียนเท่ากัน รองลงมา คือ ความคิดคล่องแคล่ว ($M = 5.20$, $S.D. = 1.63$) ตามลำดับ

โดยทั้ง 3 องค์ประกอบ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของภาพรวมจำนวนนักเรียนตามระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

เมื่อพิจารณาจำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 วิเคราะห์จำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความสามารถ

องค์ประกอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)									
	ระดับความสามารถก่อนเรียน					ระดับความสามารถหลังเรียน				
	ปรับปรุง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รวม	ปรับปรุง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รวม
ความคิด	4	14	11	1	30	-	12	11	7	30
คล่องแคล่ว	(13.3)	(46.7)	(36.7)	(3.3)	(100)		(40.0)	(36.7)	(23.3)	(100)
ความคิด	4	15	10	1	30	-	5	15	10	30
ยืดหยุ่น	(13.3)	(50.0)	(33.3)	(3.3)	(100)		(16.7)	(50.0)	(33.3)	(100)
ความคิด	17	11	2	-	30	1	7	10	12	30
ริเริ่ม	(56.7)	(36.7)	(6.7)		(100)	(3.3)	(23.3)	(33.3)	(40.0)	(100)
ภาพรวม	8	13	8	1	30	-	8	12	10	30
	(26.7)	(44.3)	(26.7)	(3.3)	(100)		(26.7)	(40.0)	(33.3)	(100)

จากตาราง 12 ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ มากที่สุด จำนวน 13 คน (ร้อยละ 44.3) รองลงมาคือ ระดับปานกลางและปรับปรุง จำนวนระดับละ 8 คน (ร้อยละ 26.7) และระดับสูง จำนวน 1 คน (ร้อยละ 3.3) หลังเรียนนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด จำนวน 12 คน (ร้อยละ 40.0) รองลงมา คือ ระดับสูง จำนวน 10 คน (ร้อยละ 33.3) และระดับต่ำ จำนวน 8 คน (ร้อยละ 26.7) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบ ผลการวิจัยเป็น ดังนี้

องค์ประกอบด้านความคิดคล่องแคล่วก่อน เรียนนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับต่ำมากที่สุด จำนวน 14 คน (ร้อยละ 46.7) รองลงมา คือ ระดับปานกลาง จำนวน 11 คน (ร้อยละ 36.7) ระดับปรับปรุง จำนวน 4 คน (ร้อยละ 13.3) และระดับสูง จำนวน 1 คน ตามลำดับ หลังเรียน นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับต่ำมากที่สุด จำนวน 12 คน (ร้อยละ 40.00)

รองลงมาคือ ระดับปานกลาง จำนวน 11 คน (ร้อยละ 36.7) ระดับสูง จำนวน 7 คน ร้อยละ 23.3 ตามลำดับ

องค์ประกอบด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับต่ำมากที่สุด จำนวน 15 คน (ร้อยละ 50) รองลงมาคือ ระดับปานกลาง จำนวน 10 คน (ร้อยละ 33.3) ระดับปรับปรุง จำนวน 4 คน (ร้อยละ 13.3) และระดับสูง จำนวน 1 คน (ร้อยละ 3.3) ตามลำดับ หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด จำนวน 15 คน (ร้อยละ 50) รองลงมาคือ ระดับสูง จำนวน 10 คน (ร้อยละ 33.3) และระดับต่ำ จำนวน 5 (ร้อยละ 16.7) ตามลำดับ

องค์ประกอบด้านความคิดริเริ่ม ก่อนเรียนนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงมากที่สุด จำนวน 17 คน (ร้อยละ 56.7) รองลงมาคือ ระดับต่ำ จำนวน 11 คน (ร้อยละ 36.7) และระดับปานกลาง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 6.7) ตามลำดับ หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับสูงมากที่สุด จำนวน 12 คน (ร้อยละ 40) รองลงมาคือ ระดับปานกลาง จำนวน 10 คน (ร้อยละ 33.3) ระดับต่ำ จำนวน 7 คน (ร้อยละ 23.3) และระดับปรับปรุง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 ภาพรวมการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับความสามารถ ของความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์	การเปลี่ยนระดับความสามารถ		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวนรวม (ร้อยละ)
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
สูงขึ้น	ปรับปรุง	ต่ำ	2	6.7	26 (86.7)
	ปรับปรุง	ปานกลาง	3	10.0	
	ปรับปรุง	สูง	1	3.3	
	ต่ำ	ปานกลาง	14	46.7	
	ต่ำ	สูง	5	16.7	
	ปานกลาง	สูง	1	3.3	
ไม่เปลี่ยนแปลง	ต่ำ	ต่ำ	3	10.0	3 (10.0)
ลดลง	ต่ำ	ปรับปรุง	1	3.3	1 (3.3)
รวม			30	100	30 (100)

จากตาราง 13 พบว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนนักเรียนมีระดับความสามารถสูงขึ้น จำนวน 26 คน (ปรับปรุง-ต่ำ, ปรับปรุง-ปานกลาง, ปรับปรุง-สูง, ต่ำ-ปานกลาง, ต่ำ-สูง,

ปานกลาง-สูง) ไม่เปลี่ยนแปลง จำนวน 3 คน (ต่ำ-ต่ำ) และลดลง จำนวน 1 คน (ต่ำ-ปรับปรุง)
ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบ ผลการวิจัยแสดงดังตาราง 14-16 ดังนี้

องค์ประกอบด้านความคิดคล่องแคล่ว

ตาราง 14 ระดับความสามารถของความคิดคล่องแคล่ว

ระดับความสามารถ ของความคิดคล่องแคล่ว	การเปลี่ยนระดับความสามารถ		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวนรวม (ร้อยละ)
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
สูงขึ้น	ปรับปรุง	ต่ำ	3	10.0	16 (53.2)
	ปรับปรุง	สูง	1	3.3	
	ต่ำ	ปานกลาง	7	23.3	
	ต่ำ	สูง	1	3.3	
	ปานกลาง	สูง	4	13.3	
ไม่เปลี่ยนแปลง	ต่ำ	ต่ำ	6	20.0	11 (36.6)
	ปานกลาง	ปานกลาง	4	13.3	
	สูง	สูง	1	3.3	
ลดลง	ปานกลาง	ต่ำ	3	10.0	3 (10.0)
รวม			30	100	30 (100)

จากตาราง 14 พบว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนนักเรียนมีระดับความสามารถสูงขึ้น
จำนวน 16 คน (ปรับปรุง-ต่ำ, ปรับปรุง-สูง, ต่ำ-ปานกลาง, ต่ำ-สูง, ปานกลาง-สูง) ไม่เปลี่ยนแปลง
จำนวน 11 คน (ต่ำ-ต่ำ, ปานกลาง-ปานกลาง, สูง-สูง) และลดลง จำนวน 3 คน (ปานกลาง-ต่ำ)
ตามลำดับ โดยผู้วิจัยขอนำเสนอตัวอย่างการตอบคำถามของแบบวัดตามองค์ประกอบ ความคิด
คล่องแคล่วตามระดับความสามารถของนักเรียน 3 อันดับแรกของการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

ความสามารถระดับต่ำไปปานกลาง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด
(ก่อนเรียน)

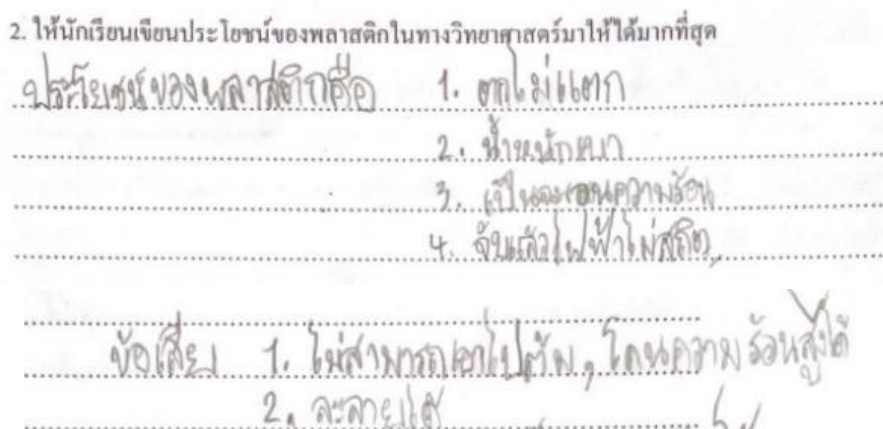
2. ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด

1. ไฟฟ้า

2. ความร้อน

3. ...

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของพลาสติกในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด
(หลังเรียน)



คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 02

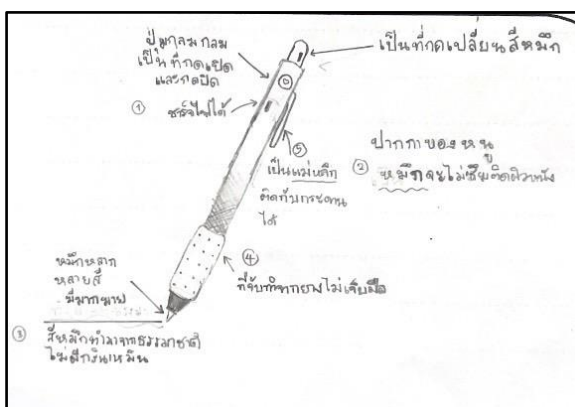
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถจากระดับต่ำไปปานกลาง

จากภาพประกอบ 5 ก่อนเรียนนักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้จำนวน 3 คำตอบ แต่มีบางคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับต่ำ หลังเรียนนักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้มากกว่า 5 คำตอบและเกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นแต่ยังคงมีบางคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้อง จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

ความสามารถจากระดับระดับปานกลางไปสูง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้นักเรียนออกแบบปากกา พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด (ก่อนเรียน)



จะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้
จะไม่สามารถใช้รถเข็นได้
เราจะไม่สามารถใช้โทรศัพท์
เราจะไม่สามารถใช้เครื่องไฟฟ้าได้

คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 23

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถจากระดับปรับปรุงไปสูง

จากภาพประกอบ 7 ก่อนเรียนนักเรียนเขียนคำตอบได้เพียง 1 คำตอบที่มีความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์แต่ยังไม่ชัดเจนมากนักจึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง หลังเรียนนักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้ 4 คำตอบแต่บางคำตอบไม่เป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับต่ำ

องค์ประกอบด้านความคิดยืดหยุ่น

ตาราง 15 ระดับความสามารถของความคิดยืดหยุ่น

ระดับความสามารถ ของความคิดยืดหยุ่น	การเปลี่ยนระดับความสามารถ		จำนวน (คน)	ร้อยละ	ร้อยละ ของระดับ ความสามารถ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
สูงขึ้น	ปรับปรุง	ต่ำ	1	3.3	19 (63.3)
	ปรับปรุง	ปานกลาง	2	6.7	
	ปรับปรุง	สูง	1	3.3	
	ต่ำ	ปานกลาง	7	23.3	
	ต่ำ	สูง	6	20.0	
	ปานกลาง	สูง	2	6.7	
ไม่เปลี่ยนแปลง	ต่ำ	ต่ำ	2	6.7	9 (30.0)
	ปานกลาง	ปานกลาง	6	20.0	
	สูง	สูง	1	3.3	
ลดลง	ปานกลาง	ต่ำ	2	6.7	2 (6.7)
รวม			30	100	30 (100)

จากตาราง 15 พบว่า องค์ประกอบด้านความคิดยืดหยุ่นก่อนเรียนและหลังเรียนนักเรียนมีระดับความสามารถสูงขึ้น จำนวน 19 คน (ปรับปรุง-ต่ำ, ปรับปรุง-ปานกลาง, ปรับปรุง-สูง, ต่ำ-ปานกลาง, ต่ำ-สูง, ปานกลาง-สูง) ไม่เปลี่ยนแปลง จำนวน 9 คน (ต่ำ-ต่ำ, ปานกลาง-ปานกลาง, สูง-สูง) และลดลง จำนวน 2 คน (ปานกลาง-ต่ำ) ตามลำดับ โดยผู้วิจัยขอ

นำเสนอตัวอย่างการตอบคำถามของแบบวัดตามองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นตามระดับความสามารถของนักเรียน 3 อันดับแรกของการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

ความสามารถจากระดับต่ำไปปานกลาง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่มีชั้นบรรยากาศ” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด (ก่อนเรียน)

1. ไม่มีอากาศหายใจ.....

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นเวลา 1 ปี” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด (หลังเรียน)

1. ธรรมชาติต่างๆ เกิดความวุ่นวาย ไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้.....
2. ฟ้าผ่ารัวลงมาทุกที่ ไม่มีสิ่งใดทนทานความเสียดทาน.....
3. ไม่มีน้ำดื่มให้ใช้...เมืองรถก็จอดไม่ทำงาน.....
4. การติดต่อสื่อสารระหว่างโลกไม่ได้.....

คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 07

ภาพประกอบ 8 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำไปปานกลาง

จากภาพประกอบ 8 ก่อนเรียนสามารถจัดกลุ่มของคำตอบได้ 1 กลุ่ม ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในข้อคำถาม ดังนี้ กลุ่ม 1 ถ้าโลกไม่มีชั้นบรรยากาศจะทำให้สิ่งมีชีวิตตายและกลุ่ม 2 ถ้าโลกไม่มีชั้นบรรยากาศจะทำให้ไม่มีอากาศที่สิ่งมีชีวิตต้องการจึงจัดความสามารถอยู่ในระดับต่ำ หลังเรียนสามารถจัดกลุ่มของคำตอบได้ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยคำตอบที่นักเรียนเขียนสอดคล้องกับสถานการณ์ในข้อคำถาม ดังนี้ กลุ่ม 1 ไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อด้านการทำธุรกิจและกลุ่ม 2 ไฟฟ้าส่งผลถึงสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต เช่น ประปา การสื่อสาร จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

ความสามารถจากระดับต่ำไปสูง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด (ก่อนเรียน)

1. กระดาษโลหะ โลหะเป็นตัวนำความร้อนได้ดี จึงใช้ทำหม้อ ที่เป็นตัวนำความร้อนประกอบ
จริง กระดาษ
2. หม้อ ตัวนำประกอบโลหะ ตัวนำความร้อนนำความร้อนได้ดี.....

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของพลาสติกในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด
(หลังเรียน)

มีน้ำหนักเบา...เหมาะกับการใช้ในงานอุตสาหกรรม
ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า รองรับการใช้งานในเครื่องใช้ไฟฟ้า
มีความยืดหยุ่นสูง...สามารถเปลี่ยนรูปทรงได้ตามต้องการ...
ไม่เกิดสนิม...ทนต่อความชื้น
ผสมสีได้หลากหลาย...ตามใจชอบ

1. มีน้ำหนักเบา เหมาะกับการใช้ในงานอุตสาหกรรม
2. ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า รองรับการใช้งานในเครื่องใช้ไฟฟ้า
3. มีความยืดหยุ่นสูง
4. สามารถเปลี่ยนรูปทรงได้ตามต้องการ
5. ไม่เกิดสนิม
6. ทดต่อความชื้น
7. ผสมสีได้หลากหลาย

คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 19

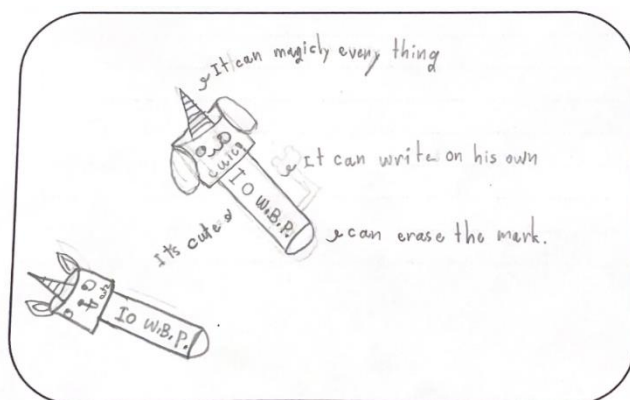
ภาพประกอบ 9 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำไปสูง

จากภาพประกอบ 9 แสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนสามารถจัดกลุ่มของคำตอบได้ 1 กลุ่มที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในข้อคำถาม ดังนี้ กลุ่ม 1 โลหะใช้ทำสิ่งของเครื่องใช้ในครัวเรือน และกลุ่ม 2 โลหะ ใช้สร้างกังหันลมเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อให้มีความแข็งแรงจึงจัดความสามารถอยู่ในระดับต่ำ หลังเรียนสามารถจัดกลุ่มของคำตอบได้ 3 กลุ่มขึ้นไป ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในข้อคำถาม ดังนี้ กลุ่ม 1 สมบัติของพลาสติก เช่น มีน้ำหนักเบา ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า มีความยืดหยุ่น ไม่เกิดสนิม กลุ่ม 2 พลาสติกถูกนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ กลุ่ม 3 พลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้า จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับสูง

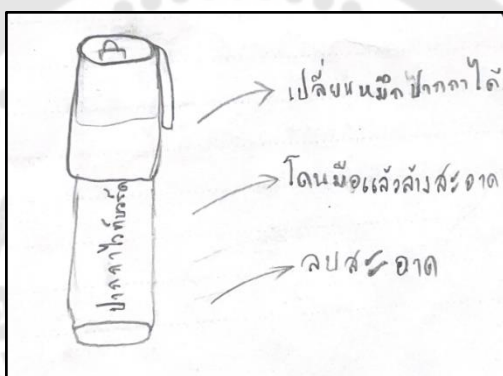
ความสามารถจากระดับปรับปรุงไปปานกลาง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้นักเรียนออกแบบปากกา พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด (ก่อนเรียน)



ข้อ 1 ให้นักเรียนออกแบบปากกาไวท์บอร์ด พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด (หลังเรียน)

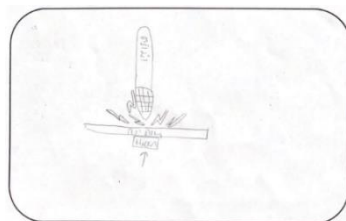


คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 07

ภาพประกอบ 10 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงไประดับปานกลาง

จากภาพประกอบ 10 แสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนคำตอบที่ได้เป็นลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง หลังเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบของนักเรียนสามารถจัดกลุ่มของคำตอบ ได้ 2 กลุ่ม ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในข้อคำถาม ดังนี้ กลุ่ม 1 ปากกาไวท์บอร์ด มี GPS กลุ่ม 2 ปากกาไวท์บอร์ด กลุ่ม 1 เปลี่ยนสีหมึกได้ และกลุ่ม 2 น้ำหนักโดนมือแล้วล้างสะอาดออกง่ายจึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

ข้อ 1 ให้นักเรียนออกแบบปากกาไวท์บอร์ด พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด (หลังเรียน)



จากภาพประกอบปากกาไวท์บอร์ดจะพบคุณสมบัติ ดังนี้
1. ปลายปากกาเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
2. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
3. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
4. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
5. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
6. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
7. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
8. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
9. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี
10. ปากกาไวท์บอร์ดมีลักษณะเป็นรูปวงรีเพื่อให้ปากกาใช้ได้ดี

คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 02

ภาพประกอบ 11 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำไปสูง

จากภาพประกอบ 11 ก่อนเรียนนักเรียนตอบคำถามซ้ำกัน 3 คน คือ ปากกาไวท์บอร์ดมี GPS จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับต่ำ หลังเรียนนักเรียนตอบคำถาม ไม่ซ้ำกับเพื่อนการใช้ AI ควบคุมปากกาไวท์บอร์ด จึงจัดความสามารถอยู่ในระดับสูง

ความสามารถจากระดับปรับปรุงไปปานกลาง

คำตอบของนักเรียนแสดงดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด (ก่อนเรียน)

ใช้ทำเสาไฟฟ้าแรงดันสูง
ใช้ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อ 2 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของพลาสติกในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด (หลังเรียน)

ใช้ทำแผ่นพลาสติกในโรงงาน
ใช้ทำถุงพลาสติก

คำตอบของนักเรียน ป.3 รหัส 07

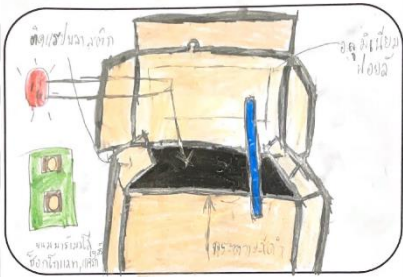
ภาพประกอบ 12 คำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงไปปานกลาง

จากภาพประกอบ 12 ก่อนเรียนนักเรียนในห้องมากกว่า 3 คน ตอบคำถามเกี่ยวกับการทำเป็นอุปกรณ์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์จัดความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง หลังเรียนนักเรียนในห้องสามารถตอบคำถามได้แตกต่างจากเพื่อนในห้องเรียนจึงจัดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

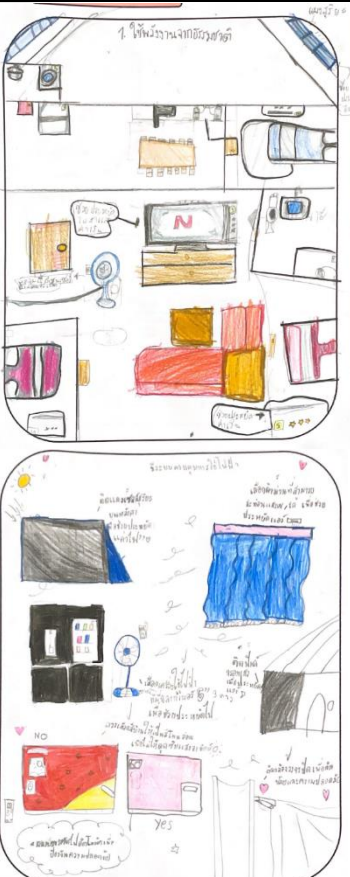
ตาราง 17 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กังหันพลังจืด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กังหันพลังจืด	องค์ประกอบ
1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) นักเรียนร่วมกันอภิปรายสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การระบาคำถามสำคัญที่ต้องการหาคำตอบหรือแก้ไขจากสถานการณ์ของโรงเรียนแห่งนี้ โดยใช้คำถามนำการอภิปรายดังนี้ - ปัญหาสถานการณ์นี้คืออะไร - นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นได้อย่างไร	ความคิดคล่องแคล่ว
2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์หากเราต้องการสร้างกังหันลมบนภูเขาสูง เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีวิธีการอย่างไรได้บ้าง	
3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) นักเรียนร่วมกันสรุปแนวทางของกลุ่มในประเด็น หากเราต้องการสร้างกังหันลมบนภูเขาสูง เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า กังหันลมของกลุ่มนักเรียนควรเป็นอย่างไร	
4. ขั้นประยุกต์ (Application) นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบโมเดลกังหันพลังจืด โดยวาดภาพโมเดลและระบุส่วนประกอบ ของภาพและวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างโมเดล	
5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโมเดลกังหันพลังจืดที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยนำเสนอให้เป็นไปตามหลักการทำงานของกังหันลมพลังจืดที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	
6. ประเมินและปรับปรุง (Evaluate and improve) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นนำเสนอมาสะท้อนภายในกลุ่มจากนั้น ปรับปรุงให้โมเดลกังหันลมพลังจืดมีความสมบูรณ์มากขึ้น	 ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม ในขั้นที่ 4 ถึง 6 นักเรียนมีการใช้ศิลปะ ในการออกแบบการตกแต่ง ใบพัดและเสาให้มี และสวยงามเข้ากับสถานที่ติดตั้งกังหันลม

ตาราง 18 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	องค์ประกอบ
1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) นักเรียนร่วมกันอภิปรายสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การระบุคำถามสำคัญที่ต้องการหาคำตอบหรือแก้ไขจากสถานการณ์โดยใช้คำถามนำการอภิปรายดังนี้ - ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร - กิจกรรมในค่ายกำหนดให้นักเรียนทำอะไร - การสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีลักษณะอย่างไร	ความคิดคล่องแคล่ว
2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) โดยการสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีเงื่อนไขว่า เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มีรูปทรงคล้ายกับเตาอบและสามารถทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม	
3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) นักเรียนทำการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์และแสงและหลักการทำงานของเตาอบ	
4. ขั้นประยุกต์ (Application) นักเรียนออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์จากกล่องกระดาษ โดยมีเงื่อนไข คือ เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถรับแสงอาทิตย์และประกอบอาหารได้จริง สามารถทำให้มาร์ชเมลโลว์หลอมเหลวได้ และมีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสมสวยงาม	
5. ชี้นำเสนอ (Presentation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบและสร้างขึ้น	ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม
6. ประเมินและปรับปรุง (Evaluate and improve) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ได้ จากชี้นำเสนอมาสะท้อนภายในกลุ่มจากนั้น ปรับปรุงให้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มีความสมบูรณ์มากขึ้น	ในขั้นที่ 4 ถึง 6 นักเรียนมีการใช้ศิลปะเข้ามาช่วยบูรณาการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยใช้การออกแบบเตาอบให้สามารถใช้งานได้จริงและมีความสวยงาม โดยนำเสนอให้มีความน่าสนใจ

ตาราง 19 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 บ้านรักษ์พลังงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 บ้านรักษ์พลังงาน	องค์ประกอบ
1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การระบาคำถามสำคัญที่ต้องการ หาคำตอบหรือแก้ไขจากสถานการณ์ โดยใช้คำถามนำการอภิปรายดังนี้ - ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร - ครูและนักเรียนมีแนวคิดในการจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านของหนูได้อย่างไร เพื่อให้ประหยัดพลังงานและปลอดภัยมากขึ้น - หลักในการจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านควรจัดวางอย่างไร	ความคิดคล่องแคล่ว
2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์สถานการณ์ การจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้านต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง	
3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) นักเรียนทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีฉลากเบอร์ 5	
4. ขั้นประยุกต์ (Application) ในขั้นนี้ให้นักเรียนจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยมีเงื่อนไข คือ บ้านของหนูสามารถลดค่าไฟลงมาได้และการจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีความเหมาะสมถูกหลักความปลอดภัย	
5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการจัดบ้านของหนูให้เป็นบ้านรักษ์พลังงานที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบ	
6. ประเมินและปรับปรุง (Evaluate and improve) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นนำเสนอมาสะท้อนภายในกลุ่ม จากนั้น ปรับปรุงให้การจัดบ้านของหนูให้เป็นบ้านรักษ์พลังงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น	

ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น,
ความคิดริเริ่ม

ในขั้นที่ 4 ถึง 6 นักเรียนมีการใช้ศิลปะในการออกแบบและจัดวางสีของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและสีของแต่ละห้องให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม

จากทั้ง 3 กิจกรรม นักเรียนมีแนวโน้มความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น จากแผนที่ 1 กิจกรรมกังหันพลังใจ นักเรียนสามารถช่วยกันออกแบบและร่างแบบกังหันลม ลงในใบกิจกรรมและสร้างโมเดลกังหันพลังใจได้ในกระบวนการสร้างพบว่า การพันลวดทองแดง อาจยากไปสำหรับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น เนื่องจากหากจำนวนรอบของ ลวดทองแดงพันไม่เพียงพอหลอดไฟจะไม่ติด ในขั้นตอนของการพันขดลวดครูสามารถตรวจสอบ โดยการวัดกระแสไฟฟ้าให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อน

แผนที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ นักเรียนสามารถช่วยกันออกแบบลงใบกิจกรรม และช่วยกันสร้างเตาอบจากกล่องกระดาษ ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มต่างออกแบบเตาอบในลักษณะ ที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันตรงพื้นที่ด้านในตำแหน่งของกระดาษสีดำใช้สำหรับดูดกลืน พลังงานความร้อนและใช้ในการวางขนม และกำหนดขนาดของฝาเตาอบที่ติดอลูมิเนียมฟอยล์ ของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

แผนที่ 3 บ้านรักษพลังงาน นักเรียนสามารถช่วยกันออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าตามที่กำหนดลงในใบกิจกรรมได้ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้มีการแลกเปลี่ยน การจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของตนเองให้เพื่อนในกลุ่มฟังแล้วช่วยกันออกแบบ ให้บ้านหลังนี้เป็นบ้านที่ช่วยประหยัดพลังงานและปลอดภัยมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แสดงดังตาราง 20

ตาราง 20 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดคล่องแคล่วก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบ	คำถาม	คะแนน	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
			ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความคิดคล่องแคล่ว	ข้อที่ 1	0	6	20.0	0	0.0
		1	15	50.0	13	43.4
		2	8	26.7	10	33.3
		3	1	3.3	7	23.3
	ข้อที่ 2	0	8	26.7	0	0.0
		1	14	46.7	19	63.4
		2	7	23.3	6	20.0
		3	1	3.3	5	16.6
	ข้อที่ 3	0	5	16.7	0	0.0
		1	20	66.7	10	33.4
		2	4	13.3	16	53.3
		3	1	3.3	4	13.3

ตาราง 21 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดยืดหยุ่นก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบ	คำถาม	คะแนน	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
			ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความคิดยืดหยุ่น	ข้อที่ 1	0	7	23.4	0	0.0
		1	10	33.3	7	23.3
		2	8	26.6	10	33.3
		3	5	16.7	13	43.4
	ข้อที่ 2	0	1	3.3	0	0.0
		1	17	56.7	12	40.0
		2	10	33.3	15	50.0
		3	2	6.7	3	10.0
	ข้อที่ 3	0	5	16.7	0	0.0
		1	16	53.3	10	33.3
		2	7	23.3	13	43.3
		3	2	6.7	7	23.4

ตาราง 22 วิเคราะห์ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามระดับความคิดริเริ่มก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบ	คำถาม	คะแนน	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
			ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความคิดริเริ่ม	ข้อที่ 1	0	15	50	13	43.3
		1	8	26.7	0	0.0
		2	3	10.0	3	10.0
		3	4	13.3	14	46.7
	ข้อที่ 2	0	22	73.3	1	3.3
		1	1	3.3	9	30
		2	2	6.7	10	33.4
		3	5	16.7	10	33.3
	ข้อที่ 3	0	27	90	0	0.0
		1	3	10	5	16.7
		2	0	0.0	13	43.3
		3	0	0.0	12	40.0

จากตาราง 20-22 พบว่า จากการตอบคำถามของนักเรียนก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มได้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบที่ 1 คะแนนมากที่สุดทั้ง 3 ข้อ หลังเรียนนักเรียนมีแนวโน้มของการได้ 2 ถึง 3 คะแนนเพิ่มขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ ดังตาราง 23

ตาราง 23 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	ระดับพัฒนาการ	ความถี่	ร้อยละ
ความคิดคล่องแคล่ว	สูงมาก	2	6.7
	สูง	1	3.3
	กลาง	7	23.3
	ต่ำ	20	66.7
ความคิดยืดหยุ่น	สูงมาก	2	6.7
	สูง	6	20.0
	กลาง	10	33.3
	ต่ำ	12	40.0
ความคิดริเริ่ม	สูงมาก	8	26.7
	สูง	8	26.7
	กลาง	11	36.7
	ต่ำ	3	10.0
ภาพรวม	สูงมาก	10	13.3
	สูง	15	16.7
	กลาง	28	31.1
	ต่ำ	35	38.9

จากตาราง 23 ผลการวิจัยพบว่า ภาพรวมของพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการระดับต่ำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.9 รองลงมา คือ ระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 31.1 ระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 16.7 และระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 13.3 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระดับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

นักเรียนมีพัฒนาการความคิดคล่องแคล่วที่ระดับต่ำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.6 รองลงมา คือ ระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 23.33 ระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 6.67 และระดับสูง

คิดเป็นร้อยละ 3.33 ตามลำดับ องค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น นักเรียนมีพัฒนาการ ระดับต้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.00 รองลงมา คือ ระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 20 และระดับตามลำดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 6.67 และองค์ประกอบความคิดริเริ่ม นักเรียนมีพัฒนาการระดับกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.67 รองลงมาคือระดับสูงและสูงมากเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 26.67 และระดับต้น คิดเป็นร้อยละ 10 ตามลำดับ

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากแบบวัดคู่ขนาน

ผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังตาราง 24

ตาราง 24 ผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	M	S.D.	ร้อยละ	t	p
ก่อนเรียน	30	30	12.30	3.11	41	13.37*	0.001
หลังเรียน	30	30	21.00	1.14	70		

* $p < .05$

จากตาราง 24 ผู้วิจัยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทั้งก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($M = 21.00$, $S.D. = 1.14$) คิดเป็นร้อยละ 70 สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 12.30$, $S.D. = 3.11$) คิดเป็นร้อยละ 41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.82$, $p = .001$)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre - Experimental Design) แบบ One Group Pretest – Posttest Design ผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว คือ กลุ่มทดลอง ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลโดยทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
2. พัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาความพร้อมของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร พร้อมกับนำเครื่องมือที่ทดลองใช้ไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง
4. ทำการเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน
5. นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อตอบความมุ่งหมายของงานวิจัยด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละ และสถิติใช้การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน (t-Test for Dependent Samples)

6. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเครื่องมือวิจัยและตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 14 คาบ โดยผู้วิจัยศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และศึกษาทฤษฎีหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

2) แบบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยศึกษาบทความวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) และ Siew et al. (2014) ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม จากนั้นพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยการนำคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน จากนั้นเสนอแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้ง 2 ชุด ตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบวัดจากนั้นนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และสร้างแบบวัดเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด จากนั้นนำแบบวัดเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบวัด ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จากโรงเรียน

ที่ผู้วิจัยได้ทำการประสานเพื่อขอเก็บข้อมูลวิจัยก่อนเริ่มการทดลองโดยให้นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับก่อนเรียน จากนั้นจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และทำการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยแบบวัดฉบับหลังเรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาพบว่า ร้อยละเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยภาพรวมและรายองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
2. หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มหลังเรียนเท่ากัน รองลงมา คือ ความคิดคล่องแคล่ว ตามลำดับ
3. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับต่ำ มากที่สุด รองลงมาคือ ระดับปานกลาง ระดับปรับปรุง และระดับสูง ตามลำดับ หลังเรียนนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด รองลงมาคือ ระดับสูงและระดับต่ำ ตามลำดับ
4. จำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมและรายองค์ประกอบมีแนวโน้มระดับความสามารถที่ดีขึ้น โดยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานักเรียนอยู่ในระดับความสามารถปานกลางและสูงเพิ่มขึ้น
5. นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้นมากที่สุด รองลงมา คือ ระดับกลาง ระดับสูง และระดับสูงมาก ตามลำดับ
6. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70 สูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แบ่งการอภิปรายออกเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมและรายองค์ประกอบ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นอาจยังขาดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและไม่สามารถเชื่อมโยงหรือประยุกต์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามที่สะท้อนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้นอกจากนี้ การตอบคำถามในรูปแบบการเขียนตอบของนักเรียนบางส่วนซึ่งมีปัญหาด้านการเขียน จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการเขียนตอบทำให้ไม่สามารถตอบคำถามได้เต็มที่ซึ่งส่งผลโดยตรงกับการแสดงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบวัด แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถนำมาใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยผู้วิจัยได้บูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์และศิลปะเข้าด้วยกัน โดยการนำศิลปะเข้ามาผสมผสานทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อผลงานที่ออกแบบและช่วยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ได้ และผลงานที่ออกแบบมีความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ทั้งนี้ กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นตามแนวสะเต็มศึกษาแต่ละกิจกรรมได้ถูกออกแบบให้นักเรียนได้ใช้องค์ความรู้มาประยุกต์ใช้สร้างและพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้น โดยนักเรียนได้รับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มตามแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมซึ่งสถานการณ์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบทั้ง 3 กิจกรรมประกอบด้วยกังหันพลังจืด เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และบ้านรักษากำลังงานโดยทั้ง 3 กิจกรรม ได้กำหนดสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนและสถานการณ์อื่น ๆ ในบริบทที่แตกต่างกันออกไปในขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนซึ่งสถานการณ์ที่ใช้ควรครอบคลุมกับประสบการณ์ของนักเรียนให้ได้มากที่สุด เพื่อส่งเสริมความคิดคล่องแคล่วในการคิดคำตอบจากสถานการณ์ ยกตัวอย่าง เช่น การสร้างกังหันลมในบริเวณที่สูง

นักเรียนบางคนยังไม่เคยเห็นสถานที่จริงหรือไม่เคยเห็นกังหันลมของจริง การเล่าสู่กันฟังหรือภาพประกอบนั้นอาจไม่เพียงพอครูจึงต้องเพิ่มแบบจำลองสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุดเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจในสถานการณ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harackiewicz et al. (2008) ที่เสนอว่า สถานการณ์ที่นำมาใช้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนควรเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนได้เคยพบเห็นในชีวิตจริงหรือมีประสบการณ์ร่วมในสถานการณ์นั้น ๆ ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง จะช่วยให้ นักเรียนสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ ในขั้นตอนนี้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและระบุคำถามสำคัญและเมื่อประสบการณ์ไม่เพียงพออาจส่งผลถึงกระบวนการคิดทำให้วิเคราะห์ปัญหาได้ไม่ชัดเจน ซึ่งในขั้นตอนนี้นอกจากอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา และมีการนำด้วยคำถามไปที่ละคำถามเพื่อให้ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ค่อย ๆ วิเคราะห์และพิจารณาเพื่อตอบคำถาม ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กัน

ทั้ง 3 องค์ประกอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chin and Osborne (2008) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นที่ต้องมีการใช้คำถามอย่างค่อยเป็นค่อยไป เพื่อให้ นักเรียนได้คิดและเรียนรู้ไปที่ละประเด็นนักเรียนจะไม่เกิดความสับสนและสามารถคิดได้อย่างเต็มที่ ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจในสถานการณ์มากขึ้นผ่านการสืบค้น การทดลองทางวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหา สามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมความคิดยืดหยุ่นจากการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ เช่น อินเทอร์เน็ต ใบความรู้ มาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปของแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหา เช่นเดียวกับ Johnson and Johnson (1999) ที่ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้จะทกให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจแนวคิดได้ด้วยตนเอง และสามารถระดมสมองเพื่อแสดงความคิดที่หลากหลายมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ประยุกต์ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผน ออกแบบและสร้างชิ้นงาน ในขั้นนี้ผู้วิจัยในฐานะครูสังเกตเห็นพฤติกรรมของนักเรียนหลายด้าน เช่น นักเรียนบางคนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือปฏิบัติแต่ยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่ชอบการเรียนรู้จากการอ่าน กรณีนี้หากในกลุ่มนั้น ทุกคนช่วยกันจะทำให้งานออกมาทันเวลาที่กำหนด แต่บางกลุ่มสมาชิกในกลุ่มอาจไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานมากนักครูจึงต้องช่วยกระตุ้นให้นักเรียนร่วมมือร่วมใจในการทำงาน ซึ่งขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มของนักเรียนในแต่ละกลุ่มในการประยุกต์ใช้ความรู้จากการค้นคว้ามานำใช้ในการ

พิจารณาการสร้างชิ้นงาน ขั้นที่ 5 นำเสนอ เป็นขั้นที่นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงานที่ออกแบบและสร้างขึ้นรวมถึงทำการทดสอบผลงานตามเงื่อนไขที่กำหนด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้เห็นผลงานของเพื่อนในกลุ่มอื่น ๆ และได้เห็นความคิดที่เหมือนและแตกต่างไปจากกลุ่มของตนเอง ข้อดีข้อจำกัดของชิ้นงานในมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น และขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง หลังจากการนำเสนอของกลุ่มและดูตัวอย่างของกลุ่มอื่น ๆ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนปรับชิ้นงานของกลุ่มตนเองให้สมบูรณ์มากขึ้นซึ่งในขั้นที่ 5 และ 6 ส่งเสริมความคิดคล่องแคล่วที่คิดคำตอบได้เพิ่มขึ้นจากกลุ่มอื่น ๆ และยังส่งเสริมความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มในการแนวคิดอื่น ๆ มาใช้ปรับแก้ชิ้นงานให้สมบูรณ์มากขึ้น สอดคล้องกับ รัญชนก ทาระเนตร (2564) ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์และออกแบบชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์การใช้ศิลปะในสะเต็มศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของผลงานหรือชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นเชื่อมโยงเข้ากับวิทยาศาสตร์วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์สามารถช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในบริบทของชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ได้เช่นเดียวกับ ปัทมา จงลือชา (2565) ที่ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบตามแนวคิดสะเต็ม มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน โดย Yakman (2008) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นทางความคิดและเกิดกระบวนการคิดในการนำความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาได้หลากหลายวิธี นอกจากนี้ ยังช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพปัญหาจากสถานการณ์ชัดเจนมากขึ้น (Prasertsan, 2015)

2. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มหลังเรียนเท่ากัน รองลงมา คือ ความคิดคล่องแคล่ว ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายและระดับมัธยมศึกษาที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทางด้านความคิดคล่องแคล่วสูงมากที่สุด (บุศญา แก้วแพทย์, 2563; อรุณา ดิษกิงสะแกราช, 2565) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคำถามจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้ทั้งออกแบบและเปิดโอกาสได้นำเสนอแนวคิดที่ต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม คำตอบ

ของนักเรียนในแบบวัดนักเรียนมีจำนวนคำตอบที่มากขึ้น แต่หลายคำตอบไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนในส่วนของการคิดคล่องแคล่วหลังเรียนที่น้อยกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ส่วนความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่า เนื่องจากนักเรียนสามารถคิดได้หลากหลายกลุ่มความคิดและสามารถออกแบบชิ้นงานและเขียนประโยชน์ของชิ้นงานได้แตกต่างจากเพื่อน จึงทำให้ได้คะแนนในสององค์ประกอบนี้สูงกว่า ในการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม เช่น กิจกรรมที่ 1 การสร้างโมเดลกังหันพลังจืด หากนักเรียนนำโมเดลที่ออกแบบและสร้างขึ้นไปใช้ในการสร้างจริงนักเรียนจะสามารถแสดงออกถึงความคิดคล่องแคล่วในการเลือกใช้วัสดุทดแทนและส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานให้กลมกลืนไปกับสภาพแวดล้อมของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด กิจกรรมที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ กิจกรรมนี้ช่วยกระตุ้นความคิดยืดหยุ่นโดยนักเรียนสามารถเลือกใช้กล่องหรือปรับขนาดของเตาอบให้มีขนาดใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุดโดยเฉพาะบริเวณที่รับแสง หากมีขนาดเหมาะสม และกิจกรรมที่ 3 บ้านรักษพลังงานในกิจกรรมนี้นักเรียนได้ใช้ความคิดริเริ่มในการออกแบบจัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านการนำแนวทางการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ การเลือกสีมาใช้ในการจัดวางในการทำกิจกรรมนักเรียนได้เกิดการระดมความคิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันทั้งภายในกลุ่มและจากการนำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้และในด้านความคิดคล่องแคล่วจากการทำกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงออกในเชิงความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป เช่น การสร้างกังหันพลังจืด นักเรียนคิดวิธีการสร้างกังหันอย่างง่ายโดยไม่ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้เดิม กิจกรรมที่ 2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ นักเรียนจะคิดวิธีการสร้างที่ไม่ซับซ้อนและสร้างเตาอย่างง่ายที่สุดและ กิจกรรมที่ 3 บ้านรักษพลังงาน นักเรียนส่วนใหญ่คิดตั้งแต่จำนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะจัดภายในบ้านโดยไม่ได้คำนึงถึงการคำนวณค่าไฟหรือความเหมาะสมของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน 1 หลัง ซึ่งส่งผลให้ความคิดคล่องแคล่วที่สะท้อนออกมาไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด จากพฤติกรรมของนักเรียน การเรียนรู้ และการทำใบงานในชั้นเรียนให้ข้อสังเกตที่สอดคล้องกันกับการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ในส่วนขององค์ประกอบด้านความคิดคล่องแคล่วหลังเรียนที่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนน้อยที่สุด

3. หลังเรียนระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานักเรียนอยู่ในระดับความสามารถปานกลางและสูงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์

ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้นมากที่สุด รองลงมา คือ ระดับกลาง ระดับสูง และระดับสูงมาก ตามลำดับ โดย Hu and Adey (2002) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ความสามารถในการคิดและการแสดงออกทางความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่นักเรียนต้องใช้ระยะเวลาฝึกฝนและสั่งสมประสบการณ์อย่างต่อเนื่อง (Yang et al., 2016) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนทั้ง 3 กิจกรรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้จริงแต่ยังคงจำเป็นต้องส่งเสริมให้กับนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้นักเรียนมีระดับพัฒนาการที่ดีขึ้น

4. เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทั้งก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานบนโลกของเราโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70 สูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เช่นเดียวกับวรรณพร สิงห์บุญ และคณะ (2564) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้โดยการบูรณาการในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยมุ่งเน้นกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ (Creative process) 6 ขั้นตอน (Riley, 2016) ได้แก่ ขั้นการระบุสถานการณ์ พบว่า สถานการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับในชีวิตประจำวันช่วยกระตุ้นความรู้ ความจำของนักเรียนที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนหน้า ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ นักเรียนได้ใช้องค์ความรู้เดิมความเข้าใจในสถานการณ์ ขั้นศึกษาสถานการณ์นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การสืบค้นข้อมูล การทำการทดลอง การทำกิจกรรมในชั้นเรียนต่าง ๆ ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมเหล่านั้น ขั้นประยุกต์ นักเรียนนำความรู้ที่ศึกษาเพิ่มเติมผนวกเข้ากับความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน ส่วนชิ้นนำเสนอ และขั้นประเมินและปรับปรุงในทุกขั้นตอนนักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่มเพื่อให้เกิดกระบวนการคิดที่หลากหลายจนนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดที่กล่าวมาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการวิจัยและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่าสถานการณ์ที่กำหนดให้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น ควรเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนมีประสบการณ์ที่พบเจอได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนทุกคน เช่น ตัวอย่างสถานการณ์ค่ายลูกเสือนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ยังไม่มีประสบการณ์ออกค่ายโดยตรงจึงส่งผลต่อการใช้จินตนาการในการคิดคำตอบได้

1.2 ในการจัดการเรียนรู้ที่เป็นห้องเรียนครูหนึ่งคนต่อนักเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งในบางกิจกรรมต้องใช้อุปกรณ์ในการตัด เช่น กรรไกร คัตเตอร์ อาจจะทำให้ยากเกินไปสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมต้น ครูจึงต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนหรือเป็นผู้ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวให้ ทำให้การดูแลอาจจะไม่ทั่วถึงและนักเรียนทำกิจกรรมไม่ทันในเวลาที่กำหนดไว้

1.3 จากการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาถึงแม้จะแบ่งเป็นกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีความถนัดในการเรียนรู้ในรูปแบบแตกต่างกัน เช่น การเรียนรู้ที่สื่อด้วยภาพและสัญลักษณ์การเรียนรู้ที่สื่อด้วยเสียง การเรียนรู้ด้วยอักษร และการเรียนรู้ด้วยการสัมผัสและการกระทำ ดังนั้นการจัดกิจกรรมในชั้นการวิเคราะห์สถานการณ์ควรมีการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อช่วยให้ครอบคลุมกับความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนมากกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบใดแบบหนึ่ง

1.4 จากการนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นสามารถปรับให้มีความหลากหลายในการตอบเพื่อช่วยให้ผู้เรียนทุกคนสามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้เต็มความสามารถ ลักษณะคำถามไม่สั้นหรือยาวจนเกินไปใน 1 ข้อคำถามไม่ควรมีเกิน 2 คำถามย่อย อีกทั้ง การใช้คำถามในรูปแบบการเขียนตอบข้อคำถามที่นักเรียนเคยผ่านการเรียนรู้มาแล้วครูผู้สอนอาจจะต้องมีการทบทวนความรู้ให้กับนักเรียนและเชื่อมโยงระหว่างการจัดการเรียนการสอนควบคู่ไปด้วยก่อนการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในงานวิจัยครั้งนี้มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเป็นส่วนใหญ่จึงอาจทำให้สะท้อนกระบวนการคิดไม่ชัดเจน ในการวิจัยครั้งต่อไปเสนอแนะให้มีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในรูปแบบการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมจะช่วยให้ได้หลักฐานทางด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมจากการตอบของผู้เรียนเพื่อให้เห็นกระบวนการคิดของนักเรียนมากขึ้น

2.2 ในการดำเนินการวิจัยครั้งต่อไป นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นยังเขียนได้ไม่คล่องส่งผลต่อคำตอบที่เขียนลงในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนารูปแบบของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากเขียนตอบเป็นพูดตอบร่วมกับการใช้เทคนิคอื่น ๆ เช่น Think Aloud หรือใช้ทักษะการแก้ปัญหาเข้ามาช่วยด้วย



บรรณานุกรม

- Aguilera Morales, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*, 11, 331.
<https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-2736%28200004%2937%3A4%3C295%3A%3AAID-TEA2%3E3.0.CO%3B2-2>
- Aktamis, H., Sahin-Pekmez, E., Can, B.T., & Ergin, O. (2005). *Developing scientific creativity test*. University of Dokuz Eylul]. <http://www.clab.edc.uoc.gr/2nd/pdf/58.pdf>
- Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 77-87.
<https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1296392>
- Aris, H. D., & Stuewer, R. (1983). *Springs of scientific creativity essays on founders of modern scienc*. University of Minnesota Press.
- Awang, H., & Ramly, I. (2008). Creative thinking skill approach through problem-based learning: Pedagogy and practice in the engineering classroom.
- Ayas, M., & Sak, U. (2008). *The test of scientific creativity: Its development and psychometric properties*. Conference: 4th international conference on intelligence and creativityAt: Germany.
- Ayas, M. B., & Sak, U. (2013). Creative scientific ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological test and assessment modeling*, 55(3), 316-329.
- Ayas, M. B., & Sak, U. (2014). Objective measure of scientific creativity: Psychometric validity of the creative scientific ability test. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 195-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2014.06.001>
- Batista, R. P., Hökerberg, Y. H. M., de Oliveira, R. V. C., & Lambert passos, S. R. (2023).

- Development and validation of a clinical rule for the diagnosis of chikungunya fever in a dengue-endemic area. *PLoS One*, 18(1), e0279970.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279970>
- Bertrand, M. G., & Namukasa, I. K. (2020). STEAM education: student learning and transferable skills. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 13(1), 43-56. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>
- Blašková, M. (2014). Influencing academic motivation, responsibility and creativity. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 159, 415-425.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.399>
- Bloom, B. S. (1913). *Bloom's Taxonomy of Learning Objectives*.
https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4419-1428-6_141
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook: The cognitive domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44, 1-39.
<https://doi.org/10.1080/03057260701828101>
- Chin, M., & Siew, N. M. (2015). The development and validation of a figural scientific creativity test for preschool pupils. *Creative Education*, 06, 1391-1402.
<https://doi.org/10.4236/ce.2015.612139>
- Cronbach, L. J. (1990). *Essentials of psychological testing (5th ed.)*. UCL Press, London.
- Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria VA: Association for supervision and curriculum development.
- Dewey, J. (1934). *Art as experience*. New York : Perigee Books.
- Dhir, T. (2014). Problem solving ability and science process skills as the influential factors of sciencetific creativity. *International Journal Of Research Pedagogy And Technology In Education And Movement Sciences (IJEMS)*, 2, 11.
- Duban, N., Aydoğdu, B., & Kolsuz, S. (2018). STEAM implementations for elementary school students in Turkey.
- Einstein, A. (1938). *The evolution of physics: The growth of ideas from early concepts to*

relativity and quanta. San Francisco, CA, U.S.A.

Elsayary, A. (2021). Using a reflective practice model to teach STEM education in a blended learning environment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17, em1942. <https://doi.org/10.29333/ejmste/9699>

Feist, G. J. (2011). *Theories of Personality (Translated by Y. S. Mohammadi)*.

Fioriello, P. (2010). Understanding the basics of STEM education.

<http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-ofstem-education>

Florida, R. (2014). *The Rise of the Creative Class--Revisited: Revised and Expanded*.

Freire, P. (2000). *Pedagogy of the Oppressed*.

<https://www.slideshare.net/slideshow/understanding-the-basics-of-stem-education/18490544#2>

Genek, S., & Doganca, Z. (2020). Investigation of scientific creativity levels of elementary school students who enrolled in a STEM program. *İlköğretim Online*, 19, 1715-1728. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2020.734849>

Genek, S. E. (2020). Investigation of scientific creativity levels of elementary school students who enrolled in a STEM program. *Elementary Education Online*, 19(3), 1715-1728. Doi 10.17051/ilkonline.2020.734849

Ghasemi, A., Rastegar, M., Jahromi, R. G., & Marvdashti, R. R. (2011). The relationship between self-efficacy and language proficiency among Iranian third grade high school students. *Theory and Practice in Language Studies*, 1(10), 1371-1377.

Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & R. Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75, 27-61. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>

Gordon, W. J. J. (1961). *Synectics: The development of creative capacity*. Harper. <https://books.google.co.th/books?id=HOh9AAAAMAAJ>

Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A., & Martin, R. (2014). Domain-general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*, 12, 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.002>

- Gross, K., & Gross, S. (2016). Transformation: Constructivism, design thinking, and elementary STEAM. *Art Education*, 69(6), 36-43.
<https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224869>
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill.
- Gupta, N., & Sharma, V. (2016). Exploring employee engagement A way to better business performance. *Global Business Review*, 17.
<https://doi.org/10.1177/0972150916631082>
- Hanifah, Waluya, S., Rochmad, & Wardono, W. (2020). Mathematical representation ability and self - efficacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1613, 012062.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1613/1/012062>
- Harackiewicz, J., Durik, A., Barron, K., Linnenbrink-Garcia, L., & Tauer, J. (2008). The role of achievement goals in the development of Interest: Reciprocal relations between achievement goals, interest, and performance. *Journal of Educational Psychology*, 100, 105-122.
- Herro, D., & Quigley, C. (2016). On the Horizon Innovating with STEAM in middle school classrooms: remixing education Article information: For Authors. *On the Horizon*, 24. <https://doi.org/10.1108/OTH-03-2016-0008>
- Hong, O. (2017). STEAM Education in Korea: current policies and future directions.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Hu, W., Adey, P., Shi, Q. Z., Han, Q., & Wang, X. (2010). Creative scientific problem finding and its developmental trend. *Creativity Research Journal*, 22(1), 46-52.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10400410903579551>
- Hu, W., Wu, B., Jia, X. J., Yi, X., Duan, C., Meyer, W., & Kaufman, J. (2013). Increasing students' scientific creativity: The "Learn to think" intervention program. *The Journal of Creative Behavior*, 47, 3-21. <https://doi.org/10.1002/jocb.20>
- Hume, K., Dykstra Steinbrenner, J., Odom, S., Morin, K., Nowell, S., Tomaszewski, B., Szendrey, S., McIntyre, N., Yucesoy Ozkan, S., & Savage, M. N. (2021). Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism: third generation

review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51.

<https://doi.org/10.1007/s10803-020-04844-2>

Intavimolsri, S., Kaewdee, S., & Pattaradilokrat, S. (2019). Effects of using education approach in biology on scientific creativity and learning achievement of tenth grade students. *Journal of Education Studies Chulalongkorn University*, 47(2), 410-429.

Johnson, D., & Johnson, R. (1999). Making cooperative learning work. *Theory Into Practice* - *THEORY PRACT*, 38, 67-73. <https://doi.org/10.1080/00405849909543834>

Kamonjo, W. F., Okere, O. M., & Wachanga, W. S. (2015). A correlation study of secondary atudents academic achievement in chemistry and their scientific creativity in chemistry. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 2(5), 86-96.

Kang, Y., Strecher, V. J., Kim, E., & Falk, E. B. (2019). Purpose in life and conflict-related neural responses during health decision-making. *Health Psychology*, 38(6), 545-552. <https://doi.org/10.1037/hea0000729>

Kelly, G., & Steve, G. (2016). Transformation : Constructivism, design thinking, and elementary STEAM. *Art Education*, 69(6), 36-43. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224869>

Kim, J., & Park, H.-A. (2012). Development of a Health Information Technology acceptance model using consumers' health behavior intention. *Journal of medical Internet research*, 14, e133. <https://doi.org/10.2196/jmir.2143>

Kind, P. M., & Kind, V. (2007). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of studies in science education*, 43(1), 1-37. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03057260708560225>

Kristoffer, H., Natalia, S., & Kirsten, R. (2011). Riding the wave of an expert: A successful talent development environment in kayaking. *Sport Psychologist*, 25, 341-362. <https://doi.org/10.1123/tsp.25.3.341>

Lalimay. (2563, 24 กรกฎาคม). มารู้จั๊ก! รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิด HighScope เรียนรู้จากการ

ลงมือทำ. <https://www.parentsone.com/author/lalimay/>

Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM.

Procedia Computer Science, 20, 547-552.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>

Latuconsina, H.-N. O. (2014). *Pendidikan kreatif, menuju generasi kreatif dan kemajuan ekonomikreatif di Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.

Lee, D. (2012). *he Compassionate mind approach to recovering from trauma using compassion focused therapy*. Robinson.

Lin, C., Hu, W., Adey, P., & Shen, J. (2003). The influence of CASE on scientific creativity.

Research in Science Education, 33, 143-162.

<https://doi.org/10.1023/A:1025078600616>

Lubart, T. I. (1994). CHAPTER 10 - Creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (Vol. 2, pp. 289-332). Academic Press.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057299-4.50016-5>

Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541-546.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.316>

McCormack, A. J., & Yager, R. E. (1989). A new taxonomy of science education. *Science Teacher*, 56(2), 47-48.

Mcleod, S. (2024, 24 January). *Piaget's theory and stages of cognitive development*.

Olivia Guy-Evans.

<https://www.simplypsychology.org/piaget.html?campaignid=70161000000RNtB&vi d=2120483>

Mishook, J., & Mindy, K. (2006). Arts integration in an era of accountability. *Arts Education*

Policy Review, 107, 3-11. <https://doi.org/10.3200/AEPR.107.4.3-11>

Moravcsik, M. J. (1981). Creativity in science education. *Science Education*, 65(1), 221-227.

Mustafa, E. N. E. (2018). The impact of youtube, Skype and whatsapp in improving EFL

- learners' speaking skill. *International Journal of Contemporary Applied Researches*, 5, 18-31.
- OECD. (2014). *Education at a glance 2014: OECD Indicators*. OECD.
- OECD. (2022). *OECD Transfer pricing guidelines for multinational enterprises and tax administrations 2022*. OECD Publishing, Paris.
<https://doi.org/10.1787/0e655865-en>
- Prasertsan, S. (2015). *STEM education: New challenging in thailand education*.
- Raj, H., & Saxena, D. R. (2021). Scientific creativity: A review of researches. *European Academic Research*, IV, 1122-1138.
- Riley, S. M. (2012). *STEAM point: A guide to integrating science, technology, engineering, the arts, and mathematics through the common core - softcover*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Riley, S. M. (2014). *No permission required : bringing S.T.E.A.M. to life in K-12 schools*.
- Riley, S. M. (2016). *6 Steps to creating a STEAM classroom*.
<https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/>
- Rizki, K., Cahyadi, E., & Slamet, A. (2020). The effect of online shop owner satisfaction on logistic services (Comparative study of JNE and J&T Express). *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, 6. <https://doi.org/10.17358/ijbe.6.2.196>
- Robinson, P. K. (2015). Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays Biochem*, 15(59), 1-41. <https://doi.org/10.1042/bse0590001>
- Rovinelli, R. J. a. H., R.K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Annual meeting of the American Educational Research Association*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED121845.pdf>
- Sak, U. (2010). Assessment of creativity: Focus on math and science. Paper presented at the 12th ECHA conference, Paris, France.
- Sharapan, H. (2012). From STEM to STEAM: How early childhood educators can apply fred rogers' approach. *Young Children*, 67(1), 36-40.
- Siew, N. M., & Ambo, N. (2020). The scientific creativity of fifth graders in a stem project-

- based cooperative learning approach. *Problems of Education in the 21st Century*, 78, 627-643. <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.627>
- Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>
- Siew, N. M., Chin, M., & Sombuling, A. (2017). The effects of problem based learning with cooperative learning on preschoolers' scientific creativity. *Journal of Baltic Science Education*, 16, 110-112. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.100>
- Siew, N. M., Chong, C. L., & Chin, K. O. (2014). Developing a scientific creativity test for fifth graders. *Problems of Education in the 21st Century*, 62, 109-123.
- Sochacka, N., Guyotte, K., & Walther, J. (2016). Learning together: A collaborative autoethnographic exploration of STEAM (STEM + the Arts) education. *Journal of Engineering Education*, 105. <https://doi.org/10.1002/jee.20112>
- Stroud, A., & Baines, L. (2019). Inquiry, Investigative processes, art and writing in STEAM: Theory and Practice. In (pp. 1-18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1_1
- Suyidno, S., Mohamad, N., Leny, Y., Binar, P., & Budi, J. (2018). Effectiveness of creative responsibility based teaching (CRBT) model on basic physics learning to increase student's scientific creativity and responsibility. *Journal of Baltic Science Education*, 17, 136-151. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.136>
- Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Prentice-Hall.
- Torrance, E. P. (1967). The minnesota studies of creative behavior: National and international extensions. *The Journal of Creative Behavior*, 1(2), 137-154. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1967.tb00021.x>
- Torrance, E. P. (1974). *Rewarding creative behavior: Experiments in classroom creativity*.
- Torrance, E. P. (1990). *Torrance tests of creative thinking*. Bensenville.
- Tran, T. Q., Mostafa, E. M., Tawfik, G. M., Soliman, M., Mahabir, S., Mahabir, R., Dong, V., Ravikulan, R., Alhijazeen, S., Farrag, D. A., Dumre, S. P., Huy, N. T., & Hirayama, K. (2021). Efficacy of face masks against respiratory infectious diseases: a systematic review and network analysis of randomized-controlled trials. *Journal of Breath*

- Research, 15(4), 047102. <https://doi.org/10.1088/1752-7163/ac1ea5>
- UNESCO. (2017). *Education Transforms Lives*. <http://www.unesco.org>
- Yakman, G. (2008). STEAM education: an overview of creating a model of integrative education.
- Yakman, G. (2010). What is the point of STEAM A brief overview.
- Yang, X., Blagodatsky, S., Lippe, M., Liu, F., Hammond, J., Xu, J., & Cadisch, G. (2016). Land-use change impact on time-averaged carbon balances: Rubber expansion and reforestation in a biosphere reserve, South-West China. *Journal Forest Ecology and Management*, 372, 149-163.
- Yoo, D. K., & Park, J. A. (2007). Perceived service quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24, 908-926.
- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). ประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมเพื่อทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 16(2), 1-8.
- กรมวิชาการ. (2544). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรมวิชาการ, ก. (2546). *แนวทางการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา*. https://catalog.moe.go.th/uk/dataset/dataset-15_32
- กระทรวงศึกษาธิการ, (2565). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. <https://www.ipst.ac.th/curriculum>
- จรรยา โทะนานบุตร. (2560). รูปแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ใน ศตวรรษที่ 21. *วารสารการศึกษา*, 4(1). <https://www.kroobannok.com/83399>
- จิรัญญา ไชโย และพจมาลย์ สกลเกียรติ. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 11(1), 23-39.
- ชนัญดา ภูโปรง. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา STEM Education เพื่อส่งเสริมทักษะ*

ความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2553). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. เทพเนรมิตการพิมพ์.

โชติกา ภาษีผล, ณัฐภรณ์ หลาวทอง, และกมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). การวัดและ
ประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดรณภพ เพียรจัด. (2564). ความคิดสร้างสรรค์. <https://lms.thaimooc.org/courses/course-v1:CU+CU009+2017/about>

ทศนา แหมมณี. (2562). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
(พิมพ์ครั้งที่ 23). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนภรณ์ จุลพูล, นินนาท์ จันทร์สุริย์, และเมธี ดิษฐ์ดี. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะ
เต็มศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์การชุบโลหะทองแดงด้วยไฟฟ้าที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 13(1), 205-219.

ธัญชนก ทาระเนตร. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์
ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์, 24(4), 132-142.

นริศรา ธรรมนันดา และดวงหทัย กาตวิบูลย์. (2563). ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ใช้
การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 31(3), 81-98.

นฤมล กุลสืบ. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

นวลจิตต์ เขาวงกิตพิงศ์. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ของผู้เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วารสารสุโขทัยธรรมาธิราช, 12(1), 40-54.

นิภาพร ช้วยธานี. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ
สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี
[มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. <http://irithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/573>

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). หลักการวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9). สุวีริยาสาส์น.

บุญรัตน์ จันทร์. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สภาพสมดุล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบ

- เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ชั้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุศญา แก้วแพทย์. (2563). ผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการคิดนอกกรอบที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรียา โคตรสาลี, ถาดทอง ปานศุภวัชร และอรุณรัตน์ คำแห่งพล. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารในชีวิตประจำวันโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิก. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 14(1), 196.
- ปรียาภรณ์ ทองมาก. (2537). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนในรายวิชาเลือกเสรีที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปัทมา จงลือชา. (2565). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION). [มหาวิทยาลัยมหาสารคาม]. <http://202.28.34.124/dspace/handle123456789/1763>
- ปิณิดา สุวรรณพรม, เยาวเรศ ใจเย็น และปวีศา จรดล. (2563). การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานและแบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วารสารวิจัยรำไพพรรณี, 14(3), 52-62.
- พัชรี เทพสุริบุญ, จิต นานแก้ว และสุมาลี เลี่ยมทอง. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E เสริมด้วย 4 MAT. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 12(1).
- พิชิต ฤทธิ์จุญ. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). แฮาส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชำนาญ เขาวงกตพิงศ์ และวิญญู วงษ์ทอง. (2563). หลักสูตรสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิด

- สร้างสรรค์เรื่องไฟฟ้าสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้, 3(1), 28-42.
- พิรุณวัฒน์ ศุภอุทุมพร. (2561). ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม. วารสารครุศาสตร์, 46(2), 101-118.
- พิมพ์ชนก แพงไตร. (2558). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดทอแรนซ์ เรื่อง อาหารและการดำรงชีวิต เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พัฒมอัสไวนี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธ์, และมัยดี แวดราแม. (2017). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 4(2), 1-14.
- ภวดีวิษฐ์ ธัญพัฒน์. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการมองเห็น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดหมวกหกใบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี. <http://cms.dru.ac.th/jspui/handle/123456789/62>
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2561). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10(1), 94-112.
- มัชฌิมา เล็งเล็ก, เรชา อรัญวงศ์, และเลอลักษณ์ โอทกานนท์. (2564). การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4-6. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 11(2), 91-103.
- มัยสุรี หยิมะเหิม. (2557). ผลของการใช้ชุดกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง โรงเรียนบ้านทวดทอง จังหวัดนครศรีธรรมราช. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. <http://dspace.nstru.ac.th:8080/dspace/handle/123456789/2055>

- ยรรยงค์ ณ บางช้าง และประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 [ปริญญานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. iThesis Srinakharinwirot University.
- ยุทธ ไถยวรรณ. (2549). สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์.
- รพีพล อินสุพรรณ, และประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 15(2), 162-170.
- รักษศิริ แพงป้อง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สิ่งมีชีวิต กับกระบวนการดำรงชีวิต ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินระดับหูหนวกจากการสอนแบบ POSSE ร่วมกับสื่อวีดิทัศน์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิควัดผลการเรียนรู้. สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3). สุวีริยาสาส์น.
- วรรณพร สิงห์บุญ, นวลจิตต์เขาวีรติพงศ์, และดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารในชีวิตประจำวัน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มโรงเรียนปู้เจ้าสมิงพราย จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 36(3), 146-162.
- วาสนา รติจำเริญ และอิสรา พลนงค์. (2564). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารและการนำเสนอ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E กับวิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน. วารสารชุมชนและพัฒนาสังคม, 14(1), 29-43.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการประเมิน (พิมพ์ครั้งที่ 7). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับ

ปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.

<https://www.ipst.ac.th/>

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีจัดการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง กับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ. สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สมพิศ กาญจนาเพ็ญกุล. (2553). การสร้างข้อสอบคู่ขนานอิงโดเมนโดยใช้รูปแบบพาเซท วิชาคณิตศาสตร์เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมรัก อินทวิมลศรี, สกลรัชต์ แก้วดี, และสิทธิพร ภัทรดิลรัตน์. (2562). ผลของการใช้แนวคิด สะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์, 47(2), 410-429.

<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/article/view/196409>

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565, 21 ตุลาคม). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2566-2570).

https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=13651

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ

สุทธิดา วงศาเมือง. (2559). การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุทธิดา วันสุตล. (2561). ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ต้นอ่อนทานตะวัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนทร โคตรบรรเทา. (2560). การบริหารการศึกษา: หลักการและทฤษฎี (ฉบับปรับปรุง). สำนักพิมพ์ปัญญาชน.

สุภัค โอฬารพิริยกุล. (2563). การพัฒนาชุดการเรียนรู้มัลติมีเดีย เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ สำหรับนักเรียนชั้นเด็กเล็ก โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม). วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 12(23), 98-111. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/swurd/article/view/12708>

สุรัญญา คำรอด, สมศิริ สิงห์หลพ และเชษฐี ศิริสวัสดิ์. (2566). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการ

ศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ, 23(2), 20-39.

อมรรัตน์ จำปาวัตตะ, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2562). การพัฒนาความคิด
สร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุและวัตถุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบ
สะเต็มศึกษา. วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 11(31),
59-70.

อรอุมา ดิษกิงสะแกราช. (2565). ผลการใช้กิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีต่อ
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.

อับดุลยามี นะยิชาเดร์, ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ และแววฤดี แวทองรักษ์. (2562). ผลของการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์
ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(1), 170-180.

อารี พันธมณี. (2557). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี รังสินันท์. (2532). ความคิดสร้างสรรค์. ข้าวฟ่าง.

โอปอ กลับสกุล. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิด
สร้างสรรค์ทางด้านการตลาดดิจิทัล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ].



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
- หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย
- ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. รศ.ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผศ.ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
3. ผศ.ดร.นันทนัช วัฒนสุภิญญา อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) (คป. 5 ปี) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 8718/132

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญเป็นบุคลากรในสังกัดผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ 1) แบบเขียนตอบ และ 2) แบบเลือกตอบ ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 092 254 3037

ที่ อว 8718/132



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เนื่องด้วย นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินท์ พงษ์ประมุข เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ 1) แบบเขียนตอบ และ 2) แบบเลือกตอบ ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 092 254 3037

ที่ อว 8718/132



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เนื่องด้วย นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินท์ พงษ์ประมุข เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนัช วัฒนสุภิญโญ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ 1) แบบเขียนตอบ และ 2) แบบเลือกตอบ ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 092 254 3037

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

ที่ อว 8718/136



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน รองผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (ประถม)

เนื่องด้วย นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินท์ พงษ์ประมวล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ นิสิตขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล โดยใช้ 1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อน-หลังเรียน 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน กับ นักเรียนระดับประถมศึกษา ชั้นปีที่ 3 จำนวน 98 คน เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัย และขอใช้สถานที่โรงเรียนของท่าน ในเดือนกุมภาพันธ์ 2567 ทั้งนี้ นิสิตจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาขอความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 115/2566E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาวนันทนา แจ้งกระชาง

สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาพบ:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 2 มิถุนายน 2566
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 2 มิถุนายน 2566
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 2 มิถุนายน 2566
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 2 มิถุนายน 2566

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินตแพทย์หญิงณิภา เอี่ยมจิตรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิทย์ ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-115/2566

วันที่ให้การรับรอง : 02/06/2566

วันหมดอายุใบรับรอง : 02/06/2567

ที่ อว 8734.1/ 1454

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุโขทัย 23 กรุงเทพฯ 10110

- 4 ก.ค. 2566

เรื่อง ขอแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 115/2566E

เรียน นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-115/2566

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 115/2566E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2566 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-115/2566
Date of Approval	2 มิถุนายน 2566 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	2 มิถุนายน 2567
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 2 มิถุนายน 2567)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ใ้ขอความกรุณาให้ผู้วิจัย ส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-115/2566) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุวิทย์ ภัทรสุวรรณ์)

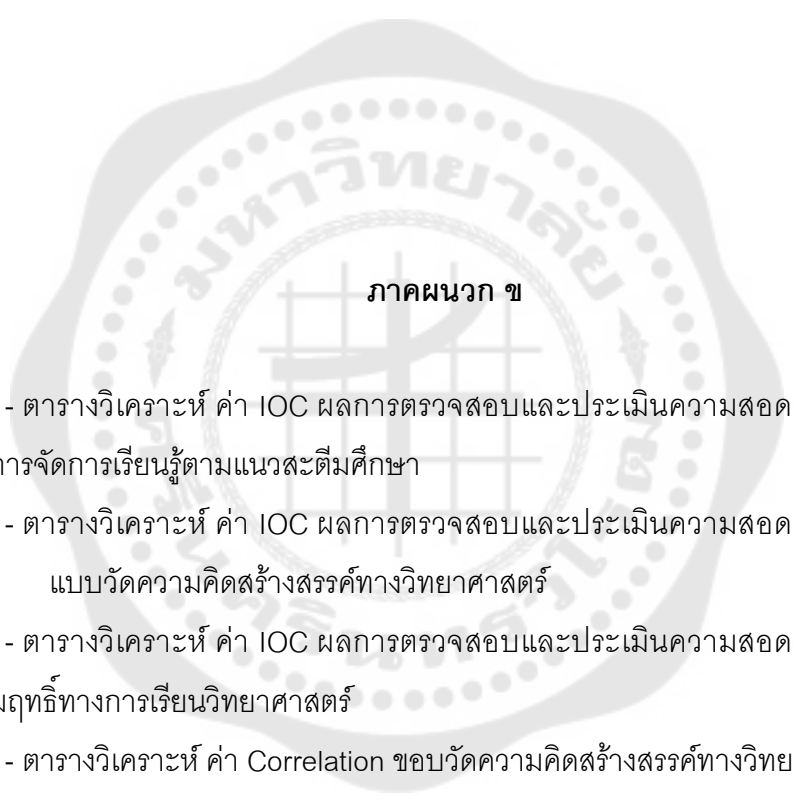
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หน่วยจริยธรรมและมาตรฐานการวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 17503

โทรสาร 0-2259-1822



ภาคผนวก ข

- ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญ
ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
- ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญ
ของ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญ
ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- ตารางวิเคราะห์ ค่า Correlation ขอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญ
ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตาราง 25 การวิเคราะห์ ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่		
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กังหันพลังใจ					
1. สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ใช้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
7. เนื้อหา / กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
9. วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
จุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	2	0	0	3	3.33	ปานกลาง
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา								
1) ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
3) ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
4) ขั้นประยุกต์ (Application)	0	1	2	0	0	3	3.67	มาก
5) ขั้นนำเสนอ (Presentation)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
6) ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
วิธีการวัดผลและประเมินผล	0	0	2	1	0	3	2.67	ปานกลาง
ใบกิจกรรม								
ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนแปลง	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ใบกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง บันทึกการสืบค้น	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง การออกแบบกังหันพลังจืด	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	0	1	2	0	0	3	3.33	ปานกลาง

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์					
1. สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	0	-1	+1	0.7	ใช้ได้
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ใช้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	+1	+1	0.7	ใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
7. เนื้อหา / กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
9. วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
จุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	2	0	0	3	3.33	ปานกลาง
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา								
1) ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
3) ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
4) ขั้นประยุกต์ (Application)	1	0	2	0	0	3	3.67	มาก
5) ขั้นนำเสนอ (Presentation)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
6) ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
วิธีการวัดผลและประเมินผล	0	0	3	0	0	3	3.00	ปานกลาง
ใบกิจกรรม								
ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง หลักการทำงานเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	1	1	1	0	0	3	4.00	มาก
ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	0	1	2	0	0	3	3.33	ปานกลาง

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง บ้านรักษพลังงาน					
1. สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	1	0	1	0.7	ใช้ได้
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ใช้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	0	0.7	ใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	0.7	ใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	1	0	1	0.7	ใช้ได้
7. เนื้อหา / กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	0	1	1	0.7	ใช้ได้
9. วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	0.7	ใช้ได้

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	0	2	0	0	1	3	3.33	ปานกลาง
จุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	1	0	3	3.00	ปานกลาง
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา								
1) ขึ้นระบุด้านการถาวร (Focus)	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
2) ขึ้นวิเคราะห์ด้านการถาวร (Detail)	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
3) ขึ้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
4) ขึ้นประยุกต์ (Application)	1	0	1	1	0	3	3.33	ปานกลาง
5) ขึ้นนำเสนอ (Presentation)	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
6) ขึ้นประเมินและปรับปรุง (Link)	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
วิธีการวัดผลและประเมินผล	0	1	1	1	0	3	3.00	ปานกลาง
ใบกิจกรรม								
ใบกิจกรรมที่ 3.1 การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
ใบกิจกรรมที่ 3.2 บ้านรักษ์พลังงาน	0	1	1	1	0	3	3.00	ปานกลาง
ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	0	1	1	1	0	3	3.00	ปานกลาง

ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญของแบบวัด
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 26 วิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญของแบบ
วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
3	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
6	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้

ตาราง 27 การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดความคิด
สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2	5	2	5	4.00	มาก
3	5	2	5	4.00	มาก
4	5	4	5	4.67	มากที่สุด
5	5	2	5	4.00	มาก
6	5	2	5	4.00	มาก

ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ตาราง 28 การวิเคราะห์ ค่า IOC ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
6	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
8	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้
9	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
10	+1	+1	0	0.7	ใช้ได้
11	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
12	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
23	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
26	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
33	0	+1	+1	0.7	ใช้ได้
34	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
35	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
36	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
37	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
44	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
46	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
47	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
48	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
49	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้
50	+1	0	+1	0.7	ใช้ได้

ตาราง 29 การวิเคราะห์ ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความรู้ความจำ									
1	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อความคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
2	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อความคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
3	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อความคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
4	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อความคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความรู้ความจำ									
5	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
6	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
7	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
8	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
9	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)			
10	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อ คำถามกับเนื้อหา	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
11	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
	1.2 ความสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
	1.3 ความเหมาะสมของข้อ คำถามกับเนื้อหา	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
ด้านความเข้าใจ									
12	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
	1.2 ความสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
	1.3 ความเหมาะสมของข้อ คำถามกับเนื้อหา	1	1	0	1	0	3	3.67	มาก
13	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อ คำถามกับเนื้อหา	1	2	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
14	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อ คำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มาก	มาก	ปาน	น้อย	น้อย			
		ที่สุด	(4)	กลาง	(2)	ที่สุด			
(5) (4) (3) (2) (1)									
ด้านการนำไปใช้									
15	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	1	1	1	0	0	3	4.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	1	0	0	3	4.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	1	1	0	0	3	4.00	มากที่สุด
ด้านความรู้ความจำ									
16	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
17	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
18	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความเข้าใจ									
19	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
20	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
ด้านความรู้ความจำ									
21	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
22	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
23	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	5	5	5	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มาก	มาก	ปาน	น้อย	น้อย			
		ที่สุด		กลาง		ที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความเข้าใจ									
24	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	0	3	0	0	0	3	4.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	3	0	0	0	3	4.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0	3	0	0	0	3	4.00	มากที่สุด
25	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
ด้านความเข้าใจ									
26	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.67	มากที่สุด
27	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
28	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความเข้าใจ									
29	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
30	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
ด้านความรู้ความจำ									
31	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
32	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความเข้าใจ									
33	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
34	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้									
35	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
36	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
37	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	1	0	0	0	3	4.33	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มาก	มาก	ปาน	น้อย	น้อย			
		ที่สุด		กลาง		ที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความรู้ความจำ									
38	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
39	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
ด้านความรู้ความเข้าใจ									
40	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
41	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					N	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
		มาก	มาก	ปาน	น้อย	น้อย			
		ที่สุด		กลาง		ที่สุด			
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)			
ด้านความรู้ความเข้าใจ									
42	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
43	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
44	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	2	0	1	0	0	3	4.33	มากที่สุด
45	1.1 ความชัดเจนของคำถาม	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	3	0	0	0	0	3	5.00	มากที่สุด

ตาราง 30 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation)

Correlations		Item1	Item2
Item1	Pearson Correlation	1	.597**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	40	40
Item2	Pearson Correlation	.597**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	40	40

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา
- ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กังหันพลังจืด

รหัสวิชา ว11101 รายวิชาวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พลังงานและการเปลี่ยนแปลง เรื่อง กังหันพลังจืด

เวลา 6 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวมณฑนา แจ่มกระจ่าง

1. สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

- มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏาการณั ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- ตัวชี้วัด
 - ว 2.3 ป.3/1 ยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์
 - ป.3/2 บรรยายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบุแหล่งพลังงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากข้อมูลที่ได้รับ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

ด้านทักษะ (P)

3. นักเรียนสามารถโมเดลกังหันพลังจืดแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

4. นักเรียนสามารถวางแผนและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

3. สาระสำคัญ

พลังงานเป็นปริมาณที่แสดงถึงความสามารถในการทำงานและพลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมไปหมุนไดนาโมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไดนาโมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการทำงานของขดลวดทองแดงตัดกับสนามแม่เหล็กทำให้สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ

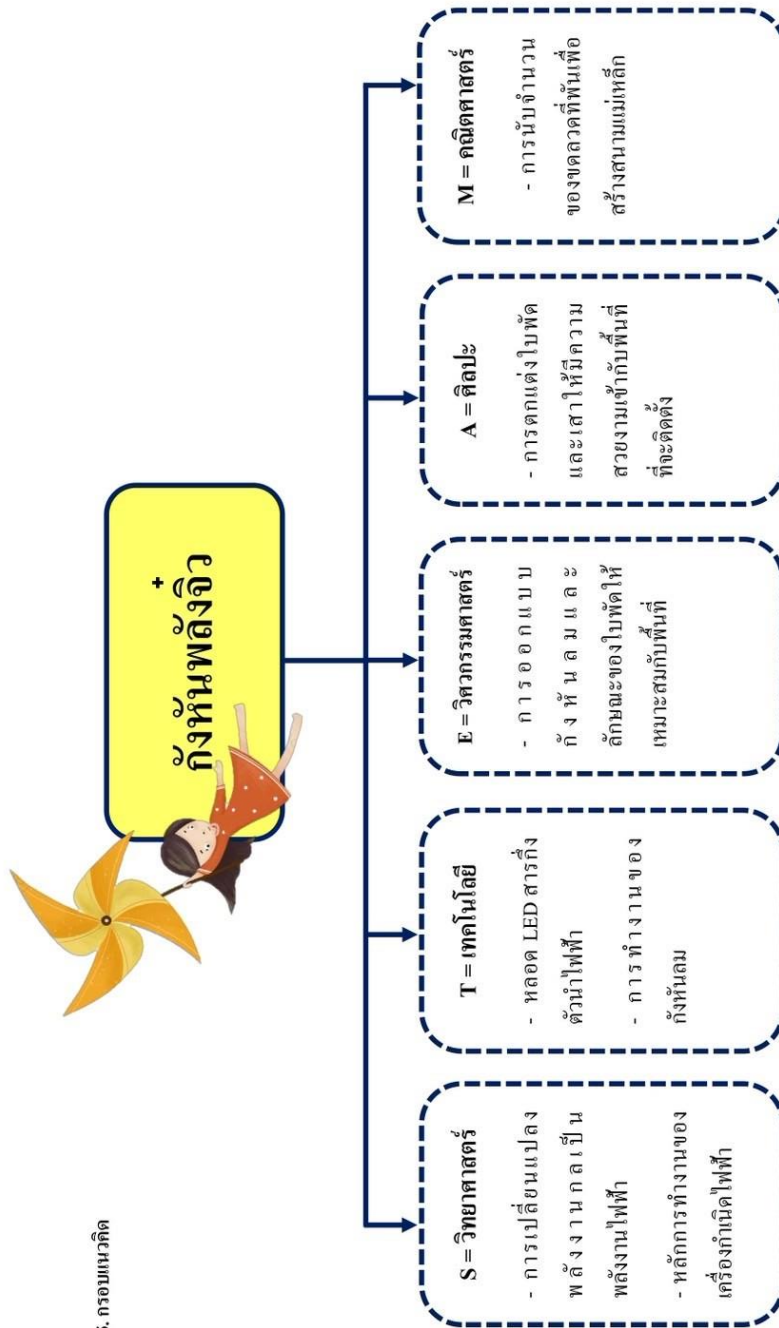
ดังนี้ 1. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 2. จำนวนรอบในการพันขดลวดทองแดง และ 3. ความเร็วในการหมุนขดลวดทองแดง

ในการสร้างต้นแบบกังหันพลังจืดแสดงการเปลี่ยนรูปพลังงานและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย โดยพิจารณาจากการนับจำนวนรอบของขดลวดทองแดง เมื่อใบพัดหมุนแม่เหล็กเกิดการเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดทองแดงทำให้หลอด LED สว่างขึ้น

4. สมรรถนะของผู้เรียน

1. ความสามารถในการคิด
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา
3. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. กรอบแนวคิด



6. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบเป็นไปตามระดับการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) โดยจัดการเรียนการสอนแบบสอดแทรก (Infusion) มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังนี้

➤ ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus) เวลา 30 นาที

1. นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน
 - พลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานเชื้อเพลิง)
 - พลังงานดังกล่าวสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างไร (แนวคำตอบ พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งหรือคำตอบอื่น ๆ ตามความรู้เดิมของนักเรียน)
2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จำนวน 6 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน ในหนึ่งกลุ่มเพื่อช่วยกันทำกิจกรรม
3. ครูนำเสนอสถานการณ์ โดยให้นักเรียนศึกษาจากเอกสารที่ครูแจกให้

“ณ โรงเรียนในชุมชนแห่งหนึ่งบนภูเขาสูง มีความต้องการที่จะแก้ปัญหาเรื่องไม่มีไฟฟ้าใช้ ซึ่งบริเวณรอบ ๆ โรงเรียนแห่งนี้มีลมพัดผ่านอยู่ตลอดเวลา ครูและนักเรียนในโรงเรียนจึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นไว้ใช้ภายในโรงเรียนแห่งนี้”

4. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การระบุนำคำถามสำคัญที่ต้องการหาคำตอบหรือแก้ไขจากสถานการณ์ของโรงเรียนแห่งนี้ โดยใช้คำถามนำการอภิปรายดังนี้
 - ปัญหาสถานการณ์นี้คืออะไร (แนวคำตอบ โรงเรียนประสบปัญหาเรื่องไม่มีไฟฟ้าใช้)
 - นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบ สร้างกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า)
 - นักเรียนและครูสรุปร่วมกันเกี่ยวกับคำถามสำคัญของสถานการณ์นี้ คือ “นักเรียนจะสร้างกังหันลมอย่างไรให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้”

➤ ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) เวลา 30 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ช่วยกันวิเคราะห์หาแนวทางการสร้างต้นแบบกังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจะต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้างที่สำคัญ และต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง ซึ่งครูมีตัวอย่าง e-poster (โปสเตอร์มีลวดลาย) เรื่อง แหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า จาก <https://www.scimath.org/desktop-application/item/12463-2021-10-15-06-41-41> ให้นักเรียนช่วยกันศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกับความรู้เดิมของนักเรียนตามประเด็น ดังนี้
 - ส่วนประกอบที่สำคัญของกังหันลมต้องมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ ใบพัด เสากังหันลม)
 - กังหันลมจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต้องใช้อุปกรณ์ใด (แนวคำตอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

- บริเวณโรงเรียนที่จะสามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ควรมีลักษณะอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการสำรวจทิศทางลมได้อย่างไร (แนวคำตอบ ควรเป็นบริเวณที่มีลมพัดผ่านตลอดเวลาเพื่อให้พลังงานลมไปหมุนใบพัดกังหันเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า และใช้สรลมในการสำรวจทิศทางลม)

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทำงาน สร้างโมเดลกังหันพลังจืดเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงเรียนแห่งนี้ โดยมีเงื่อนไข คือ ใบพัดกังหันลมจะต้องหมุนได้เมื่อมีกระแสลมพัดผ่านทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดทองแดงกับแม่เหล็กแล้วสามารถทำให้หลอดไฟ LED สว่างขึ้นมาได้ ใบพัดและเสาต้องมีขนาดเหมาะสมเข้ากับพื้นที่ (ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม)

➤ ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery) เวลา 60 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนแปลง จากนั้นนักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่า “พลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานได้ จากกิจกรรมการนำยางลบดูไปที่ไม้บรรทัดเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อน”

2. ครูมีตัวอย่างหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากคลิปวิดีโอ เรื่อง การผลิตไฟฟ้า จาก <https://mooc.klw.ac.th/courses> จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามลงใน ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. ครูสุ่มนักเรียน 1-2 กลุ่มนำเสนอคำตอบ จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปว่า “เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประกอบด้วย แม่เหล็ก ขดลวดทองแดง และวงแหวนทองแดง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของขดลวดทองแดงตัดกับสนามแม่เหล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงแล้วเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดทองแดงและปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้า ประกอบด้วย ความเข้มของสนามแม่เหล็ก จำนวนรอบในการพันขดลวดทองแดงและความเร็วในการหมุนขดลวดทองแดง”

4. ครูอธิบายเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงพลังงานและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกังหันลม จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง บันทึกการสืบค้น

5. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจากข้อมูลที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบกังหันพลังจืดมีองค์ประกอบ ดังนี้

- **กังหันลม** ประกอบด้วย 1) ใบพัดกังหันลม 2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3) เสากังหันลม

- **กังหันลมมีหลักการทำงาน** คือ หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหันพลังงานจลน์ ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

- **กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้** โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้าและจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม

- บริเวณโรงเรียนที่จะสามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ควรมีควมติดตั้งบนที่ราบหรือที่สูง และอยู่ห่างจากสิ่งต่างๆ ที่กีดขวางหรือบังทิศทางลม

- วิธีการสำรวจทิศทางลม ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ศรลมเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจทิศทางลม

6. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อดีและข้อจำกัดของกังหันลมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้ามีอะไรบ้าง และเราจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไร ศึกษาเพิ่มเติมจากคลิปวิดีโอเรื่อง ส่องเบื้องหลัง “พลังงานลม” อนาคตพลังงานสะอาดหลักของโลก จาก https://www.youtube.com/watch?v=eAVI_xsXWw

➤ ขั้นที่ 4 ประยุกต์ (Application) เวลา 60 นาที

1. ครุณำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมสร้าง โมเดลกังหันพลังจืดในขั้นนี้ให้นักเรียนออกแบบและสร้างโมเดลกังหันพลังจืดเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าตามเงื่อนไขที่กำหนด

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบโมเดลกังหันพลังจืด โดยวาดภาพ พร้อมระบุส่วนประกอบของโมเดลกังหัน วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้าง โมเดลกังหันพลังจืดลงในใบกิจกรรมที่ 1.4 การออกแบบกังหันพลังจืด (ความคิดคดลองแล้ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำภาพ โมเดลกังหันพลังจืด วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้สร้าง

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้าง โมเดลกังหันพลังจืดตามที่ได้ออกแบบไว้

➤ ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation) เวลา 60 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ โมเดลกังหันพลังจืดที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยนำเสนอให้เป็นไปตามหลักการทำงานของกังหันลมที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบผลงานตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- ใบพัดกังหันลมจะต้องหมุนเมื่อมีกระแสลมพัดผ่าน ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดทองแดงกับแม่เหล็กสามารถทำให้หลอด LED สว่างขึ้นได้

- ใบพัดและเสาต้องมีขนาดเหมาะสมเข้ากับพื้นที่

3. หลังจากการนำเสนอและทดสอบผลงาน จากนั้นครูและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน

➤ ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Evaluate and improve) เวลา 60 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ได้จากชั้นนำเสนอมาสะท้อนภายในกลุ่ม จากนั้นปรับปรุงให้โมเดลกังหันลมพลังจืดมีความสมบูรณ์มากขึ้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบผลงานตามเงื่อนไขที่กำหนดอีกครั้ง จากนั้นสะท้อนคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมในครั้งนี้

- สิ่งทีนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกิจกรรมนี้คืออะไร

- ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมนี้คืออะไร

- นักเรียนและครูสรุปการทำกิจกรรมร่วมกัน

7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ป.3 เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา
2. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
3. คลิปวิดีโอ เรื่อง ส่องเบื้องหลัง “พลังงานลม” อนาคตพลังงานสะอาดหลักของโลก

จาก https://www.youtube.com/watch?v=eAVI_xsXuXw

4. คลิปวิดีโอ เรื่อง การผลิตไฟฟ้า จาก <https://mooc.kiw.ac.th/courses>
5. โปรแกรมจำลองเรื่อง แหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า

จาก <https://www.scimath.org/desktop-application/item/12463-2021-10-15-06-41-41>

6. ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนแปลง
7. ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
8. ใบกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง บันทึกการสืบค้น
9. ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง การออกแบบกังหันพลังจืด
10. ใบความรู้ เรื่อง กังหันลม
11. ใบกิจกรรมสะท้อนความคิด

8. ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมที่ 1.4 การออกแบบกังหันพลังจืด
2. โมเดลกังหันพลังจืด

9. การบูรณาการกับกลุ่มสาระอื่น ๆ

บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ โดยการให้นักเรียนให้องค์ความรู้และการออกแบบกังหันลมให้สามารถใช้งานได้และเหมาะสม

10. การวัดและการประเมินผล

การประเมินตามตัวชี้วัด

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้	- ตรวจจากใบกิจกรรมที่ 1.1	- ใบกิจกรรมที่ 1.1	- นักเรียนสามารถยกตัวอย่างพลังงานและอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานผ่านเกณฑ์ระดับ 2 ขึ้นไป
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้	- ตรวจจากใบกิจกรรมที่ 1.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและใบกิจกรรมที่ 1.3 บันทึกการสืบค้น	- ใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3	- นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านเกณฑ์ระดับ 2 ขึ้นไป
ด้านทักษะ (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างโมเดลกังหันพลังจืดแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้ และสามารถทำให้หลอดไฟ LED สว่างขึ้น ใบพัดและเสามีขนาดเหมาะสมเข้ากับพื้นที่	- ตรวจจากใบกิจกรรมที่ 1.4 การออกแบบโมเดลกังหันพลังจืด - ตรวจจากโมเดลกังหันพลังจืดที่สร้างขึ้น - สังเกตชิ้นงานของนักเรียน	- ใบกิจกรรมที่ 1.4 การออกแบบโมเดลกังหันพลังจืด - เกณฑ์การประเมินโมเดลกังหันพลังจืดที่สร้างขึ้น - แบบสังเกตชิ้นงานของนักเรียน	- นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างโมเดลกังหันพลังจืดผ่านเกณฑ์ในระดับ 2 ขึ้นไป - คะแนนรวมมากกว่า 5 คะแนนขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A) 4. นักเรียนสามารถวางแผนและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม	- พฤติกรรมรายบุคคลและพฤติกรรมการทำงานกลุ่มเกณฑ์ในระดับ 2 ขึ้นไป

11. เกณฑ์การประเมิน

การประเมิน	ระดับ 4	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. ความสามารถในการอธิบายและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ประเมินจากใบกิจกรรมที่ 1.1)	นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้อย่างถูกต้องและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้อย่างน้อย 2 ตัวอย่าง	นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้ 1 ตัวอย่าง	นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้ถูกต้องและไม่สามารถยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานได้หรือ นักเรียนไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้
2. ความสามารถในการอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ประเมินจากใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3)	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องโดยเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกต้องบางส่วนโดยเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานแต่อาจยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกต้องแต่ยังไม่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกต้องและไม่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน
3. ความสามารถในการออกแบบและสร้างโมเดลกังหันพลังจืด (ประเมินจากใบกิจกรรมที่ 1.4 แบบสังเกต และ โมเดล)	นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างโมเดลกังหันพลังจืด โดยใบพัดสามารถหมุนและทำให้หลอดไฟ LED สว่างได้	นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างโมเดลกังหันพลังจืด โดยใบพัดสามารถหมุนได้แต่ไม่สามารถทำให้หลอดไฟ LED สว่างได้	นักเรียนสามารถออกแบบได้แต่ไม่สามารถสร้างโมเดลกังหันพลังจืดให้สำเร็จได้	นักเรียนไม่สามารถออกแบบและไม่สามารถสร้างโมเดลกังหันพลังจืดให้สำเร็จได้
4. ความสามารถในการวางแผนและทำงานร่วมกับผู้อื่น (ประเมินจากแบบสังเกต)	นักเรียนสามารถวางแผนเป็นขั้นตอนและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ตลอดจนงานสำเร็จ	นักเรียนสามารถวางแผนและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	นักเรียนสามารถวางแผนการทำงานได้แต่ไม่สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ตลอดกิจกรรม	นักเรียนไม่สามารถวางแผนการทำงานได้หรือไม่สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ตลอดกิจกรรม

แบบสังเกตชิ้นงานของนักเรียน

ชื่อกลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน

หัวข้อ	4	3	2	1
1. ใบพัดของโมเดลกังหันพลังจืดหมุนได้				
2. โมเดลกังหันพลังจืดสามารถทำให้หลอด LED สว่างได้				
3. เสาและใบพัดมีความเหมาะสมเข้ากับพื้นที่				
รวม				

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนรวม 10 – 12 คะแนน หมายถึง ดีมาก

คะแนนรวม 5 – 10 คะแนน หมายถึง ดี

คะแนนรวม ต่ำกว่า 5 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		4	3	2	1
1	การแบ่งหน้าที่กันอย่างเหมาะสม				
2	ความร่วมมือกันทำงาน				
3	การแสดงความคิดเห็น				
4	การรับฟังความคิดเห็น				
5	ความมีน้ำใจช่วยเหลือกัน				
รวม					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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



“ณ โรงเรียนชุมชนแห่งหนึ่งบนภูเขาสูงประสบปัญหาไฟฟ้ายังไปไม่ถึง
แต่บริเวณรอบโรงเรียนจะมีลมพัดผ่านอยู่ตลอดเวลา ครูและนักเรียน
ในโรงเรียนจึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานจากลมเพื่อผลิตไฟฟ้า
ไว้ใช้ภายในโรงเรียน” โดยในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนแห่งนี้จะต้องอาศัย
เครื่องมือที่สำคัญ คือ “กังหันลม”



ใบกิจกรรมที่ 1.1

เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนแปลง

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจากกิจกรรมการทดลอง “พลังงานและการเปลี่ยนแปลง”

จุดประสงค์ : บอกการเปลี่ยนแปลงพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้

ระบุปัญหา : พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้หรือไม่

สมมติฐาน : พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้

อุปกรณ์ : 1. ยางลบ 2. ไม้บรรทัดพลาสติก

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสัมผัสพื้นผิวของไม้บรรทัดพลาสติกก่อนนำยางลบถูบนไม้บรรทัดพร้อมบันทึกผลในตาราง
2. นำยางลบถูบนไม้บรรทัดหลาย ๆ รอบ จากนั้นใช้มือสัมผัสพื้นผิวของไม้บรรทัดที่ถูกถูด้วยยางลบ พร้อมบันทึกผล
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกันหน้าชั้นเรียน

ตารางบันทึกผล (สังเกตความร้อนของไม้บรรทัด)

การทดลอง	ผลการทดลอง
1. สัมผัสพื้นผิวของไม้บรรทัด ก่อนถูด้วยยางลบ	พื้นผิวของไม้บรรทัดมีอุณหภูมิปกติ
2. สัมผัสพื้นผิวของไม้บรรทัด หลังถูด้วยยางลบ	พื้นผิวของไม้บรรทัดมีความร้อนหรืออุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม

สรุปผล

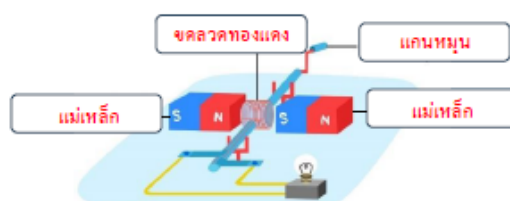
จากการทำกิจกรรม พบว่า เมื่อนำยางลบถูบนไม้บรรทัดพลาสติกแล้ว ไม้บรรทัดเกิดความร้อนขึ้น เป็นการเปลี่ยน พลังงานกลจากแรงถูของยางลบไปเป็น พลังงานความร้อน

ใบกิจกรรมที่ 1.2

หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพจาก <https://mooc.kiw.ac.th/courses>

ภาพนี้ คือ ... เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ไดนาโม) ... ใช้สำหรับ ผลิตกระแสไฟฟ้า

ส่วนประกอบ มีดังนี้

1) แม่เหล็ก 2) แกน 3) ขดลวดทองแดง 4) วงแหวนทองแดง 5) วงแหวนลื่น

โดยอาศัยหลักการทำงาน มีดังนี้

ไดนาโมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของขดลวดทองแดงตัดกับสนามแม่เหล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงแล้วเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดทองแดง

ปริมาณไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง

ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ไดนาโม) จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

..... 1. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก คือ แกนแม่เหล็กขนาดใหญ่จะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากจะสวมรอยผลิตไฟฟ้าได้มาก

..... 2. จำนวนรอบในการพันขดลวดทองแดง หากจำนวนในการพันขดลวดทองแดงมากจะทำให้ผลิตไฟฟ้าได้มาก

..... 3. ความเร็วในการหมุนขดลวดทองแดง หากหมุนขดลวดทองแดงอย่างรวดเร็วจะทำให้ผลิตไฟฟ้าได้มาก

ใบกิจกรรมที่ 1.3

เรื่อง บันทึกการสืบค้น

คำชี้แจง ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลของกังหันลม พร้อมตอบคำถาม



ส่วนประกอบของกังหันลม

1. มีกใบพัด (Blade)
2. คู่มือพัด (Hub)
3. เพลาหลัก (Main shaft)



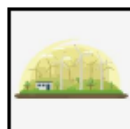
หลักการทำงานของกังหันลม

.....มีก.ใบพัดจะทำหน้าที่รับแรงและเปลี่ยนรูปพลังงานลมในกระแสลมเป็นพลังงานกลโดย กุมใบพัดทำหน้าที่เป็นตัวกลวงแล้วผลัดกำลังระหว่างใบพัดสู่เพลาหลัก เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



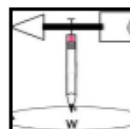
การผลิตไฟฟ้าของกังหันลม

.....เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหันพลังงานลมที่เกิดขึ้นจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า



บริเวณที่สามารถติดตั้งกังหันลม

1. ควรติดตั้งบนที่มีความเร็วสูงและอยู่ห่างจากสิ่งต่างๆ ที่กีดขวางหรือบังทิศทางลม
2. บริเวณที่ตั้งกังหันลมควรมีความเร็วลมสูง



วิธีการสำรวจทิศทางลม

ศรลม (Wind vane) เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบทิศทางลม เป็นอุปกรณ์ที่มีหางเป็นแผ่นใหญ่กว่าหัวลูกศรซึ่งเมื่อมีลมพัดมาทางลูกศรจะถูกลมปะทะมากกว่าหัวลูกศร ดังนั้นจึงทำให้หัวลูกศรชี้ไปโน้นทิศทางลมที่พัดมา ทำให้เราสามารถทราบได้ว่าทิศทางลมพัดมาจากไหน

ใบกิจกรรมที่ 1.4
เรื่อง ออกแบบกังหันพลังชีว



คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบกังหันพลังชีว

ตอนที่ 1 วาดภาพกังหันพลังชีว

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโมเดลกังหันพลังชีว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

“โมเดลกังหันพลังชีว”

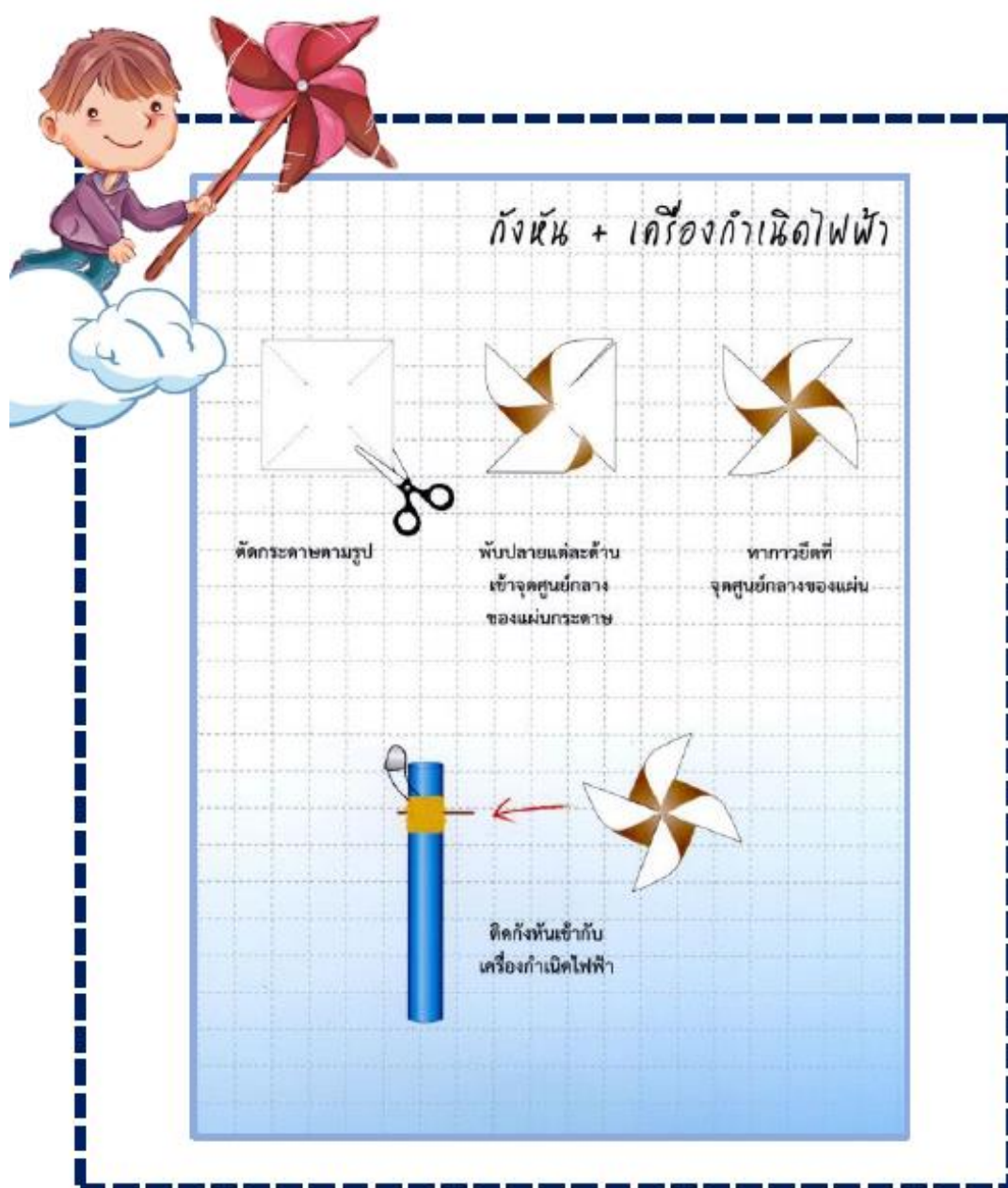
➤ วัสดุ/อุปกรณ์

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1. ท่อ PVC | 5. ไม้จิ้มฟัน |
| 2. ขดลวดทองแดง | 6. โฟม |
| 3. แม่เหล็กแบบกลม 2 อัน | 7. หลอดไฟ LED |
| 4. แบบกังหันลมกระดาษ | |

➤ ขั้นตอนการทำเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

		
เตรียมอุปกรณ์ต่างๆ - ท่อ PVC - ไม้จิ้มฟัน - หลอด LED - ขดลวดทองแดง - โฟม	เจาะรูท่อ PVC เพื่อที่จะทำแกนหมุน	พันขดลวดทองแดงรอบท่อ บริเวณที่เจาะรู (ประมาณ 600-1000 รอบ)
		
ใช้ไม้จิ้มฟันมาทำเป็นแกนหมุน โดยใส่ลงไปในรูที่เจาะไว้	ใส่แม่เหล็กลงในแกนไม้จิ้มฟัน โดยให้แกนไม้จิ้มฟันยึดกับโฟม ที่อยู่ตรงกลางแม่เหล็กทั้งสอง (จากปลายขดลวดและขดลวดไวร์น โขดนำแม่เหล็กทั้งสองขดมาติดกัน แล้วใช้เทปพันติดจนแน่นเป็นรูปวงรี)	ต่อหลอด LED เข้ากับปลายขดลวดจนได้ 2 ด้าน เมื่อหมุนแกนแม่เหล็กที่ติดขดลวดขดลวดจะเกิดกระแสไฟฟ้า จะทำให้หลอด LED สว่าง





ใบความรู้ เรื่อง "กังหันลม"

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า นั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหันพลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้าและจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม

ส่วนประกอบที่สำคัญของกังหันลม

กังหันลม (Rotor) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย ปีกใบพัด (Blade) คุมใบพัด (Hub) และเพลาลูก (Main shaft) ซึ่งปีกใบพัดจะทำหน้าที่รับแรงและเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ในกระแสลมเป็นพลังงานกล โดยคุมใบพัดทำหน้าที่เป็นตัวกลางถ่ายทอดกำลังระหว่างใบพัดสู่เพลาลูกเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากส่วนประกอบของกังหันลม ครูนำภาพกังหันลมกระดาษให้นักเรียนดูและสังเกตส่วนประกอบของกังหันลมว่ามีส่วนประกอบใดสำคัญบ้าง หากเราต้องการสร้างโมเดลกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้านักเรียนจะต้องใช้อุปกรณ์ใดบ้าง



พลังงานลม (Wind Energy)

ลมเป็นแหล่งพลังงานที่พบได้ทั่วไป

อัตราเร็วลมเฉลี่ยในประเทศไทยอยู่ในระดับกลางถึงต่ำ
(อัตราเร็วลมเฉลี่ย 4 เมตรต่อวินาที)



แม้ว่าลมจะมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ แต่การผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมต้องคำนึงถึงศักยภาพของพื้นที่ว่ามีลมพัดแรงและต่อเนื่องมากพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย <https://www.egat.co.th/home/20230425-act01/> (จะระบุค่าเฉลี่ย กังหันลมผลิตไฟฟ้า
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) https://www.facebook.com/ipst.thai?locale=mn_MY

แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม

ชื่อกลุ่ม.....ชั้นป.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับ

คะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		4	3	2	1
1	การแบ่งหน้าที่กันอย่างเหมาะสม				
2	ความร่วมมือกันทำงาน				
3	การแสดงความคิดเห็น				
4	การรับฟังความคิดเห็น				
5	ความมั่นใจช่วยเหลือกัน				
รวม					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
...../...../.....

กิจกรรมสะท้อนความคิด
การสร้างโมเดลกังหันพลังชีว

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดจากการสร้างโมเดลกังหันพลังจืด ตามหัวข้อต่อไปนี้

1.หลังจากการปรับปรุงโมเดล
กักหนัพลังจี้ว ผลการทดสอบ
เป็นอย่างไรบ้าง



2.นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
จากกิจกรรมสร้างโมเดลกังหัน



3. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น
จากการทำกิจกรรมนี้คืออะไร
นักเรียนแก้ไขอย่างไรบ้าง



แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

(ฉบับก่อนเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 3 ข้อ วัดความสามารถทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม
2. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำแบบวัด
3. ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อ โดยการเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้มีจำนวนมากที่สุด
4. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด ข้อละ 15 นาที รวมทั้งหมด 45 นาที โดยมีรายละเอียด ดังนี้
5. อาจารย์ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที
6. ไม่อนุญาตให้เริ่มทำแบบวัดก่อนได้รับอนุญาต
7. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำถามได้จำนวนมาก มีความสมเหตุสมผลสอดคล้องกับคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
8. การทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีผลต่อคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์



ชื่อ.....นามสกุล.....ปี...../.....เลขที่.....
วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ได้มากที่สุดโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และให้เริ่มตอบคำถาม
พร้อมกันทีละข้อ ให้อ่านข้อละ 15 นาที

1. ให้นักเรียนออกแบบปากกา พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบ โดยใช้ความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด(นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพแทนการเขียนได้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของโลหะในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features ten sets of horizontal lines across the page. Each set consists of a solid blue top line, a dashed blue middle line, and a solid blue bottom line, providing a guide for letter height and placement in handwriting practice. The background is white, and there are no margins or additional markings.

3. นักเรียนคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่มีชั้นบรรยากาศ” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด

[illegible]

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

(ฉบับหลังเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 3 ข้อ วัดความสามารถทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม
2. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำแบบวัด
3. ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อโดยการเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้มีจำนวนมากที่สุด
4. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด ข้อละ 15 นาที รวมทั้งหมด 45 นาที โดยมีรายละเอียด ดังนี้
5. อาจารย์ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที
6. ไม่อนุญาตให้เริ่มทำแบบวัดก่อนได้รับอนุญาต
7. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำถามได้จำนวนมาก มีความสมเหตุสมผลสอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
8. การทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีผลต่อคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....นามสกุล.....ป...../.....เลขที่.....
วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ได้มากที่สุดโดยอิงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เริ่มทำพร้อมกันทีละข้อและให้เวลาทำข้อละ 15

1. ให้นักเรียนออกแบบปากกาไวท์บอร์ดพร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของปากกาที่ออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด (นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพแทนการเขียนได้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของพลาสติกในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features ten sets of horizontal lines across the page. Each set consists of a solid blue top line, a dashed blue middle line, and a solid blue bottom line, providing a guide for letter height and placement in handwriting practice. The margins are consistent on all sides.

3. นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น “ถ้าโลกของเราไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นเวลา 1 ปี” ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด

[illegible]



โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (ประถม)

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ■ ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. การวัดค่าเป็นการเปลี่ยนพลังงานแบบใด
 - ก. พลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า
 - ข. พลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเสียง
 - ค. พลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า
 - ง. พลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน
2. การนำมือมาถูไปมาแสดงการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานใด
 - ก. พลังงานกล
 - ข. พลังงานเสียง
 - ค. พลังงานไฟฟ้า
 - ง. พลังงานความร้อน
3. เซลล์สุริยะเป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานใด
 - ก. พลังงานลม
 - ข. พลังงานแสง
 - ค. พลังงานเสียง
 - ง. พลังงานไฟฟ้า
4. ข้อใดเป็นพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ
 - ก. พลังงานแสง
 - ข. พลังงานเสียง
 - ค. พลังงานไฟฟ้า
 - ง. พลังงานความร้อน
5. อุปกรณ์ในข้อใดที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไปได้มากกว่า 1 รูปแบบ
 - ก. พัดลม
 - ข. โทรทัศน์
 - ค. กาน้ำร้อน
 - ง. เครื่องซักผ้า
6. ข้อใดอธิบายความหมายของพลังงานไม่ถูกต้อง
 - ก. พลังงานเสียงเป็นพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ
 - ข. พลังงานความร้อนเป็นพลังงานที่ทำให้อุณหภูมิลดลงจากสิ่งแวดล้อม
 - ค. พลังงานกลเป็นพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวของวัตถุ
 - ง. พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำไฟฟ้า

7. การเปลี่ยนพลังงานของเซลล์สุริยะจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแบบใด
 - ก. ไฟฟ้าสถิต
 - ข. ไฟฟ้าลัดวงจร
 - ค. ไฟฟ้ากระแสตรง
 - ง. ไฟฟ้ากระแสสลับ
8. ข้อใดคือหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือน
 - ก. พลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
 - ข. พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น ๆ
 - ค. พลังงานอื่น ๆ เป็นพลังงานไฟฟ้า
 - ง. พลังงานจากน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า
9. อุปกรณ์ในข้อใดต่อไปนี้เป็นเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
 - ก. วิทยุ
 - ข. ไลต์เป่าผม
 - ค. คอมพิวเตอร์
 - ง. กระตะไฟฟ้า
10. ข้อใดเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม
 - ก. การสร้างเขื่อน
 - ข. การถนอมอาหาร
 - ค. การสร้างประภาคาร
 - ง. การสูบน้ำเพื่อทำนาเกลือ
11. ข้อใดคือการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล
 - ก. มอเตอร์
 - ข. กังหันน้ำ
 - ค. กังหันลม
 - ง. เครื่องบีบน้ำ
12. เครื่องใช้ไฟฟ้าในข้อใดเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน
 - ก. วิทยุ
 - ข. พัดลม
 - ค. โทรทัศน์
 - ง. กระตะไฟฟ้า
13. ข้อใดแสดงลำดับการเปลี่ยนพลังงานของเตาไมโครเวฟได้ถูกต้อง
 - ก. พลังงานไฟฟ้า → พลังงานความร้อน → พลังงานเสียง → พลังงานแสง
 - ข. พลังงานไฟฟ้า → พลังงานเสียง → พลังงานแสง → พลังงานความร้อน
 - ค. พลังงานไฟฟ้า → พลังงานกล → พลังงานลม → พลังงานความร้อน
 - ง. พลังงานไฟฟ้า → พลังงานกล → พลังงานความร้อน → พลังงานแสง → พลังงานเสียง
14. ถ้าโลกไม่ได้รับพลังงานแสงและพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จะส่งผลอย่างไรบ้าง
 - ก. โลกมีสภาพอากาศแปรปรวน
 - ข. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น
 - ค. สิ่งมีชีวิตบนโลกดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้
 - ง. โลกของเราไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้
15. บ้านของเด็กชายในทิศตลอดไฟเซลล์สุริยะที่ประตูรั้วเพื่อให้แสงส่องสว่างตอนกลางคืนเป็นการเปลี่ยนพลังงานแบบใด
 - ก. พลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า
 - ข. พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน
 - ค. พลังงานความร้อนเป็นพลังงานแสง
 - ง. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงและเสียง

16. ไดนาโม คืออะไร
- เครื่องใช้ไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงาน อื่น ๆ ให้เป็นพลังงานกล
 - เครื่องใช้ไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานอื่น ๆ
 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยน พลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
17. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนได้มาจากไดนาโมประเภทใด
- ไดนาโมผลิตไฟฟ้า
 - ไดนาโมขดลวดทองแดง
 - ไดนาโมไฟฟ้ากระแสสลับ
 - ไดนาโมไฟฟ้ากระแสตรง
18. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของไดนาโม
- ไคโอต
 - แม่เหล็ก
 - วงแหวน
 - ขดลวดทองแดง
19. ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างไร
- ความเข้มของสนามแม่เหล็กมากยิ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก
 - ความเข้มของสนามแม่เหล็กมากยิ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อย
 - ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีผลทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนเร็วขึ้น
 - ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีผลทำให้เครื่องกำเนิดทำงานได้น้อยลง
20. ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหากหันขั้วแม่เหล็กขั้วเดียวกันเข้าใกล้กันจะเกิดการเหนี่ยวนำหรือไม่ เพราะเหตุใด
- เกิดการเหนี่ยวนำเพราะสนามแม่เหล็กขนานกับขดลวดทองแดงตัดกับสนามแม่เหล็ก
 - เกิดการเหนี่ยวนำ เพราะสนามแม่เหล็กขนานกับขดลวดทองแดงไม่ตัดกับสนามแม่เหล็ก
 - ไม่เกิดการเหนี่ยวนำ เพราะสนามแม่เหล็กพุ่งออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้เพียงอย่างเดียว
 - ไม่เกิดการเหนี่ยวนำ เพราะสนามแม่เหล็กขนานกับขดลวดทองแดงไม่ตัดกับสนามแม่เหล็ก
21. สถานที่ใดเหมาะสมสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานจากคลื่นน้ำ
- ทะเล
 - น้ำตก
 - แม่น้ำ
 - ลำคลอง
22. ข้อใดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ใหญ่ที่สุดและมีปริมาณมากที่สุด
- น้ำ
 - ดิน
 - นิวเคลียร์
 - แสงอาทิตย์

23. การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาศัยหลักการทำงานอย่างไร
- สนามแม่เหล็กที่ผ่านวงแหวนจะมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า
 - สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า
 - สนามแม่เหล็กที่ผ่านหลอดไฟจะมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า
 - สนามแม่เหล็กที่ผ่านแท่งแม่เหล็กจะมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า
24. ข้อใดไม่ใช่พลังงานทางเลือกที่ นำมาผลิตไฟฟ้า
- พลังงานน้ำ
 - พลังงานลม
 - พลังงานถ่านหิน
 - พลังงานแสงอาทิตย์
25. ปัจจัยใดมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานน้ำ
- ขนาดของสายส่งไฟฟ้า
 - ความสูงของกังหันน้ำ
 - ความเร็วในการเปิดปิดประตูน้ำ
 - ปริมาณพลังงานของน้ำหลังเขื่อน
26. การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากเขื่อนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร
- ดินเสื่อมสภาพ
 - ป่าไม้ถูกทำลาย
 - น้ำในลำคลองเน่าเสีย
 - เกิดฝุ่นละอองในอากาศ
27. พลังงานทดแทนประเภทสิ้นเปลืองประเภทใดที่ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- พลังงานน้ำ
 - พลังงานลม
 - พลังงานนิวเคลียร์
 - พลังงานแก๊สธรรมชาติ
28. พลังงานทดแทนมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศอย่างไร
- แก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน
 - ลดปัญหามลพิษจากการใช้พลังงาน
 - ทำให้มนุษย์มีความเป็นอยู่สุขสบาย
 - ทำให้เศรษฐกิจขยายตัวอย่างมีเสถียรภาพ
29. การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบพลังงานความร้อนมีลักษณะอย่างไร
- เป็นระบบที่ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น น้ำมัน
 - เป็นระบบที่ต้องใช้ทรัพยากรหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์
 - เป็นระบบที่ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้แล้วนำความร้อนไปหมุนกังหันที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ข้อ 1) เท่านั้น
 - ข้อ 1) และ 2)
 - ข้อ 1) และ 3)
 - ข้อ 1), 2) และ 3)
30. ข้อใดเป็นแหล่งพลังงานประเภท ใช้แล้วหมดไปที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ
 - ถ่านหินที่ขุดพบชั้นใต้ดิน
 - แสงอาทิตย์ที่ส่องในแต่ละวัน
 - กระแสลมที่พัดด้วยความเร็วลมคงที่

31. การติดตั้งแผงเซลล์สุริยะที่บ้านควรคำนึงถึงข้อใด
- ทิศทาง การรับแสงของแผงเซลล์สุริยะ
 - เกิดมลพิษทางอากาศจากแผงเซลล์สุริยะ
 - อุณหภูมิและความชื้นของอากาศบริเวณบ้าน
 - ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบนแผงเซลล์สุริยะ
32. การจะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์ใด
- 
 - 
 - 
 - 
33. ข้อใดคือข้อดีของการเลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า
- มีต้นทุนในการผลิตต่ำ
 - เป็นแหล่งพลังงานสะอาด
 - สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 24 ชั่วโมง
 - มีแบตเตอรี่เก็บพลังงานไฟฟ้าได้นาน
34. ในปัจจุบันภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งใด
- ถ่านหิน
 - กังหันลม
 - เขื่อนกักเก็บน้ำ
 - ความร้อนใต้พิภพ
35. บริเวณพื้นที่ลักษณะใดเหมาะกับการติดตั้งกังหันลม
- บริเวณหุบเขา
 - บริเวณที่ราบลุ่ม
 - บริเวณริมชายฝั่งทะเล
 - บริเวณที่อยู่ใกล้กับชุมชน
36. แหล่งพลังงานหมุนเวียนใดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ง่ายที่สุด
- พลังงานน้ำ
 - พลังงานลม
 - พลังงานแสง
 - พลังงานความร้อน
37. ข้อใดเป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับการสร้างเขื่อนผลิตกระแสไฟฟ้า
- ต้นทุนการก่อสร้างและการพัฒนาแหล่งพลังงานน้ำต้องใช้เงินลงทุนสูง
 - ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำที่สุดเมื่อเทียบการผลิตไฟฟ้าจาก แหล่งอื่น
 - พื้นที่บริเวณเขื่อนยังสามารถพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวสร้างรายได้ให้กับชุมชน
 - การขยายกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถควบคุมให้อยู่ในปริมาณคงที่ได้ยาก
38. การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าลักษณะใดที่อาจก่อให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร
- เสียบปลั๊กไฟทุกครั้งขณะใช้งาน
 - ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องเดิมหลายปี
 - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกครั้งหลังใช้งาน
 - เปิดและปิดสวิตช์เครื่องใช้ไฟฟ้าบ่อย ๆ

48. การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในลักษณะใดที่อาจก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้
- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| ก. ดึงสายดิน | ข. ใช้คัตเอาต์ไฟฟ้า |
| ค. ใช้ไฟฟ้าเกินกำลัง | ง. ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อไม่ใช้งาน |
49. เครื่องใช้ไฟฟ้าใดที่ต้องต่อสายดิน เพื่อความปลอดภัย
- | | |
|------------------|--------------------------|
| ก. พัดลม | ข. เตาหีบน้ำมัน |
| ค. กระติกน้ำร้อน | ง. เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า |
50. ข้อใดคือข้อระวังเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าสำหรับบ้านที่มีเด็กเล็ก ๆ
- | |
|---|
| ก. ไม่ให้เด็กเข้าใกล้เครื่องใช้ไฟฟ้า |
| ข. ไม่ให้เด็กใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยไม่มีผู้ใหญ่ดูแล |
| ค. ไม่ให้เด็กชวนเพื่อน ๆ มาเล่นใกล้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า |
| ง. เด็กจะใช้ไฟฟ้าเองได้เมื่อขออนุญาตจากผู้ใหญ่แล้ว |



ประวัติผู้เขียน

