การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION)

วิทยานิพนธ์

ของ

ปัทมา จงลือชา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กรกฎาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION)

วิทยานิพนธ์
ของ
ปัทมา จงลือชา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
กรกฎาคม 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Creative in Science of Primary 3 student by 6E Learing on Steam education

Pattama Jongluecha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Curriculum and Instruction)

July 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวปัทมา จงลือชา แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. จิระพร ชะโน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. วิทยา วรพันธุ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ฐิติวรดา พลเยี่ยม)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION)

ผู้วิจัย ปัทมา จงลือชา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** หลักสูตรและการสอน

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม และ 3) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านนาป่ง จังหวัดมุกดาหาร จำนวน 16 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และสถิติ The Wilcoxon Signed Rank Test (Nonparametic-Tests)

ผลการศึกษาพบว่า

1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 74.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานโดยรวมอยู่ในระดับ ดี (ค่าเฉลี่ย = 11.37, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.27)

คำสำคัญ : ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, การสร้างสรรค์ผลงาน, 6E, STEAM

TITLE Development of Creative in Science of Primary 3 student by 6E Learing on Steam education

AUTHOR Pattama Jongluecha

ADVISORS Assistant Professor Wittaya Worapun , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Curriculum and Instruction

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to compare academic achievement of grade 3 students learning with 6E learning by design based on STEAM education with the criteria of 70%, 2) to compare the scientific creativity of grade 3 students before and after learning with 6E learning by design based on STEAM education, and 3) to study the creative abilities of grade 3 students. The sample was 16 grade 3 students in Ban Na Pong School, Mukdahan Province in the second semester of the academic year 2021, obtained by a cluster sampling. Plan for learning activities by design (6E) based on Steam appreach. Research instruments consisted of plans for 6E learning by design based on STEAM education, Academic achievement test, Scientific Creativity test and creative abillity evaluation. Data were analyzed using the statistics, including Mean, Standard Deviation, Percentage and The Wilcoxon Match Pair Signed-Ranks Test (Nonparametic-Tests).

The results of this study indicated that

1) The academic achievement of the sample after learning with 6E learning by design based on STEAM education was 74.38%, which was greater than the set criteria at 70%.

2) The scientific creativity score of the sample after learning with 6E learning by design based on STEAM education was higher than before with a statistical significance level of .05.

3) The sample after learning with 6E learning by design based on STEAM education had the overall creative ability at a good level (Mean = 11.37, S.D. = 0.27).

Keyword : 6E, scientific creativity, STEAM, Process skills

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยการจุดประกายแนวคิด จากท่าน ผศ.ดร. วิทยา วรพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้คอยกรุณาให้องค์ความรู้ในเรื่อง รูปแบบการทำวิจัย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. จิระพร ชะโน ประธานกรรมการ ผศ.ดร. ฐิติวรดา พลเยี่ยม กรรมการ และ ผศ.ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้คำปรึกษา รวมทั้งตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้พิจารณาตรวจสอบเครื่องมือ ให้ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูโรงเรียนบ้านนาป่ง อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร ที่ให้การสนับสนุน อำนวยความสะดวกต่างๆในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ปัทมา จงลือชา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ภูมิหลัง 1

1.2 ความมุ่งหมาย 4

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 7

1.6 กรอบแนวคิดในงานวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 หลักสูตรการแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 11

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 12

สาระการเรียนรู้ 14

มาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 14

คุณภาพนักเรียน 16

2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 24

2.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 26
การประเมินตามสภาพจริง 26
เป้าหมายและแนวปฏิบัติของการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 27
แนวปฏิบัติในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 32
2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM 35
ความเป็นมา และความสำคัญของสะเต็ม (STEM Education) 35
ความหมายการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM Education 36
แนวคิดของ STEM Education 39
การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education) 42
ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม 44
แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM 45
2.5 รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา 49
2.6 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) 55
2.7 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 56
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 57
องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 58
แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 62
การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ 65
การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 69
2.8 ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 72
ความหมายของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 72
การประเมินการสร้างชิ้นงาน 73
เกณฑ์ในการพิจารณาและประเมินผลงานสร้างสรรค์ 75
2.9 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 78

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 78
จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ 79
ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 79
แนวความคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวในการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 80
หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 81
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 82
งานวิจัยในประเทศ 82
งานวิจัยต่างประเทศ 84
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 86
3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง 86
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล 86
3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ 87
3.3 วิธีการรวบรวมข้อมูล 102
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 103
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 104
บทที่ 4 ผลการวิจัย 107
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 107
4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 107
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 108
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 116
5.1 ความมุ่งหมาย 116
5.2 สรุปผลการวิจัย 116
5.2 อภิปรายผล 117
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ 122

5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป 122
บรรณานุกรม 124
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์ 131
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม 138
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 156
ภาคผนวก ง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 161
ภาคผนวก จ แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 166
ภาคผนวก ฉ การหาคุณภาพเครื่องมือ 171
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูล 187
ประวัติผู้เขียน 196

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่องของเล่นของใช้ 24
ตารางที่ 2 การประเมินพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน 28
ตารางที่ 3 วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านทักษะปฏิบัติ 28
ตารางที่ 4 วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านการสืบเสาะหาความรู้ 29
ตารางที่ 5 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนด้านเจตคติ 30
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิด STEM และ STEAM 43
ตารางที่ 7 บทบาทของครูและนักเรียนในการดำเนินกิจกรรมแบบสตีม 48
ตารางที่ 8 รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา 53
ตารางที่ 9 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด (Guilford) 66
ตารางที่ 10 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance) 68
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin 76
ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ 88
ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ 93
ตารางที่ 14 แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 99
ตารางที่ 15 เกณฑ์การแปลความหมายการการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 101
ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 108
ตารางที่ 17 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน 109
ตารางที่ 18 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียน แยกเป็นรายด้าน 110

ตารางที่ 19 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน แยกเป็นรายด้าน 111

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนกับหลังเรียน 112

ตารางที่ 21 ผลการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม 113

ตารางที่ 22 ฉ.1 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยรวมจำนวน 4 แผน 172

ตารางที่ 23 ฉ.2 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 174

ตารางที่ 24 ฉ.3 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 176

ตารางที่ 25 ฉ.4 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 178

ตารางที่ 26 ฉ.5 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 180

ตารางที่ 27 ฉ.6 ค่าแสดงความสอดคล้อง (IOC) กับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 182

ตารางที่ 28 ฉ.7 ผลการวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 184

ตารางที่ 29 ฉ.8 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 185

ตารางที่ 30 ฉ.9 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 186

ตารางที่ 31 ช.1 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 188

ตารางที่ 32 ช.2 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Test) สถิติทดสอบ Wilcoxon Singed – Rank Test..... 189

ตารางที่ 33 ช.3 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) 191

ตารางที่ 34 ช.4 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 192

ตารางที่ 35 ช.5 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 193

ตารางที่ 36 ช.5 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 194

ตารางที่ 37 ช.6 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 195

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

ภาพประกอบที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

เป้าหมายของการจัดการศึกษาในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การเตรียมคนให้มีความพร้อมในการเข้าสู่สังคมในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องใช้ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ในการทำงาน และดำเนินชีวิต การจัดการศึกษาจึงต้องมีการบูรณาการหลายด้าน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะสำหรับการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 (อับดุลยามีน หะยีขาเดร, 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในทุกกลุ่มสาระของการเรียนรู้ 5 ประการ คือ 1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นการสื่อสารกับผู้อื่นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การเลือกรับข้อมูลข่าวสารอย่างถูกต้องชัดเจน 2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ อย่างเป็นระบบเพื่อนำสู่การตัดสินใจ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคที่อยู่บนหลักเหตุผล พร้อมทั้งแสวงหาแนวทางในการแก้ไข 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต นำความรู้ ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมถึงหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น และ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี โดยเลือกใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ มีทักษะกระบวนการ ทางเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาตนเองสังคม การศึกษาของไทยจึงมุ่งเน้นไปในการพัฒนาคนในด้าน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี สืบค้นข้อมูล การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อฝึกให้เกิดทักษะชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นใน ศตวรรษที่ 21 (โอปอ กลับสกุล, 2562) ด้วยการเปลี่ยนแปลงอันรวดเร็วของโลก และข้อมูลข่าวสารที่มากมาย จึงเกิดความต้องการที่จะพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถ แข่งขันทางการค้า และพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรในประเทศให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น การจัดการศึกษาจึงควรตอบสนองกับนโยบายการปฏิรูปของประเทศ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถตามศักยภาพของตนเองให้เป็นที่ต้องการของตลาด หรือเป็นผู้ผลิตที่มีศักยภาพในการ แข่งขันกับตลาดต่างประเทศได้ (เจนจิรา สันติไพบูลย์และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561) ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องมีการปรับเปลี่ยน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดั้งเดิม ที่มีครูเป็นศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่ทำให้ เกิดศักยภาพดังกล่าว

จากผลการประเมิน PISA รอบปีการศึกษา 2561 จาก 79 ประเทศทั่วโลก พบว่า ประเทศไทยมีผลคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ของ OECD ในการสอบวัดความรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมิน PISA ที่จัดการทดสอบในปี 2559 ในทาง

สถิติพบว่า คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) และผลการทดสอบระดับชาติ ONET ปีการศึกษา 2563 ในส่วนของจังหวัดมุกดาหาร ซึ่งมีผลคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 37.47 คณิตศาสตร์ 28.16 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2564) (สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน, 2560) นำเสนอรายงานข้อมูลนักเรียนหลังจากจบการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว ไม่มีทักษะในการทำงานหรือความรู้พื้นฐานที่สามารถนำมาใช้กับการทำงานได้จริง ส่งผลให้เป็น แรงงานที่ขาดทักษะ และประสบการณ์ในการทำงาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งถูกพัฒนาต่อยอดมาจาก แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เพื่อให้เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี สำหรับการศึกษาในยุคโลกาภิวัตน์ และรองรับการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของประเทศอย่างเหมาะสมตามศักยภาพ และความถนัด (สำนักงานรัฐมนตรี, 2558) ซึ่งมีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ระหว่าง 5 ศาสตร์วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเพิ่ม A ที่มาจาก ศิลปะ (Art) เพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวาโดยการเพิ่มศิลปะเข้ามาจะช่วยให้นักเรียนได้ถ่ายทอดจินตนาการออกแบบ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Yakman และ Lee, 2012) ซึ่งรายวิชาทั้ง 5 สามารถเชื่อมโยง และสนับสนุนซึ่งกันและกัน เนื้อหาในแต่ละวิชาที่นำมาบูรณาการไม่จำเป็นต้องมีสัดส่วนเท่ากันอาจจะเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่งและบูรณาการวิชาอื่นไปพร้อม ๆ กัน (มัสยา บัวผัน, 2563) สตีมศึกษา จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำ แต่จะเน้นให้ผู้เรียนรู้จักการคิดและให้ความสำคัญกับการนำความรู้และประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหา เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ (โอปอ กลับสกุล, 2562) โดย สตีมศึกษา ใช้การบูรณาการความรู้และทักษะของศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ ประดิษฐ์ชิ้นงาน ผ่านการใช้สื่อ เทคโนโลยีต่างๆ มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม จากจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานที่มีความแปลกใหม่ นักเรียนจะได้เรียนรู้ กระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การวางแผน การออกแบบ การประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ที่นำเทคโนโลยี ที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และผลงานต่าง ๆ ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้ และพัฒนาความคิด เชิงพิจารณ์ เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Papert, 1999)

การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนนำความรู้และทักษะต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) มีจุดเด่นคือ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design) ได้ฝึกฝนผ่านการปฏิบัติงาน ตั้งเป้าหมาย วางแผนการทำงาน ตลอดจนการประเมินผลคุณภาพของผลงาน เรียนรู้จากสถานการณ์จริง สอดรับกับนโยบายการขับเคลื่อนประเทศสู่ ไทยแลนด์ 4.0 ปัจจุบันการพัฒนาเศรษฐกิจบนพื้นฐานความคิดสร้างสรรค์ (Creative Industries) เป็นสิ่งที่ทั่วโลกให้ความสนใจ ด้วยแนวคิดที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ และ ความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลคือ ปัจจัยสำคัญในการสร้างความเจริญเติบโตให้กับเศรษฐกิจยุคใหม่ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นได้กับหลายปัจจัย เช่น แรงจูงใจ บุคลิกภาพ อารมณ์ ลักษณะการเลี้ยงดู ความสัมพันธ์ในครอบครัว บุคลิกภาพ สภาพแวดล้อมทางการเรียน และพฤติกรรมการสอนของครู โดยเฉพาะถ้าในการเรียนมีการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และมีบรรยากาศเป็นประชาธิปไตย ครูกับนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ครูคอยกระตุ้น และส่งเสริมให้นักเรียน กล้าคิด กล้าแก้ปัญหา และส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาศักยภาพอย่างเต็มที่จะส่งผลให้นักเรียนกล้าแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ การที่นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จำเป็นต้องมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) โดย Torrance E.P (E. Torrance, 1963) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ด้วยการสอน การฝึกฝน และฝึกปฏิบัติที่ถูกวิธี จากการที่สังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และการจัดการเรียนการสอนแบบท่องจำ หรือการรอรับความรู้จากการอธิบายของครูอาจไม่เพียงพอต่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดี (วิจารณ์ พาณิช, 2556) กล่าวถึงการใช้ความรู้ความสามารอย่างสร้างสรรค์ จะช่วยสร้างทัศนะคติเชิงบวก รู้จักเคารพความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการสื่อสาร มีความรู้เท่าทันสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม เชื่อมั่นในตนเองและตระหนักถึงคุณค่าของสภาพแวดล้อม มีความยืดหยุ่น เพื่อให้สามารถเผชิญกับสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีความสุข

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา วิทยาศาสตร์ นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านนาป่ง จังหวัดมุกดาหาร พบว่า นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน เนื่องจากเนื้อหามีความซับซ้อน และมีจำนวนมากทำให้นักเรียนเกิดความสับสน และไม่เข้าใจ โดยเฉพาะใน เรื่องการ

เปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (รายงานการประเมินตนเอง โรงเรียนบ้านนาป่ง, 2563) จากการประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านมาพบว่าในนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความคิดสร้างสรรค์ใน รายวิชาวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย (SAR โรงเรียนบ้านนาป่ง, 2563) เห็นได้จากในกิจกรรมที่มีการออกแบบ ประดิษฐ์สิ่งของต่าง ๆ ผลงานของนักเรียนไม่มีความหลากหลาย นักเรียนมักจะสร้างสรรค์งานภายใต้กรอบแนวคิดเดิมๆ ไม่มีการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่เคยมีอยู่ ใช้เวลาในการทำผลงานมาก ไม่กระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ทั้งนี้เป็นผลมาจากนักเรียนขาดความเชื่อมั่น และวิตกกังวลถึงคุณภาพผลงาน ประกอบกับการจัดกิจกรรมการเรียนเรียนรู้บางรายวิชาไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ โดยครูมักใช้รูปแบบการสอนแบบอธิบาย ท่องจำ หรือทำแบบฝึกหัดในหนังสือทำให้นักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ จากเหตุผลดังกล่าวมาผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิด สตีมศึกษา (STEAM EDUCATION) โดยใช้เนื้อหาในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ มาบูรณาการความรู้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความมุ่งหมาย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70

2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีสมมติฐาน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม สูงกว่าก่อนเรียน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 158 คน จากโรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายภูสระดอกบัว อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 คน โรงเรียนบ้านนาป่ง อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ

การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

2.2 ตัวแปรตาม

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.2.3 ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

3. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาในการทดลอง จำนวนรวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

4. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยเน้นไปที่เนื้อหาสาระของวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ เป็นเนื้อหาหลักและนำเนื้อหาบางส่วนของสาระเทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และศิลปะ มาบูรณาการร่วมกันโดยมีเนื้อหาดังนี้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง 1. การทำวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม

2. การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนหรือเย็น

3. การทำงานของอัลกอริทึม

4. การเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.1 ป.3/2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

ว 4.2 ป.3/1 แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์ หรือข้อความ

ว 4.2 ป.3/3 ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้

ว 4.2 ป.3/4 รวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ตามวัตถุประสงค์วิศวกรรมบูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ

เรื่อง 1. การออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัด

ง 2.1 ป.3/1 สร้างของเล่น ของใช้อย่างง่ายโดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูลออกแบบถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 2 มิติ ลงมือสร้างและประเมินผล

ง 2.1 ป.3/2 เลือกใช้สิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์

ง 2.1 ป.3/3 มีการจัดการสิ่งของเครื่องใช้โดยนำกลับมาใช้ซ้ำ

ศิลปะ

เรื่อง 1. การสร้างงานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ

ตัวชี้วัด

ศ 1.1 ป.3/7 บรรยายเหตุผล และวิธีการในการสร้างงานทัศนศิลป์ โดยเน้นถึงเทคนิค วัสดุ และอุปกรณ์

ศ 1.1 ป.3/8 ระบุสิ่งที่ชื่นชม และสิ่งที่ควรปรับปรุงในงานของตนเอง

ศ 1.1 ป.3/10 บรรยายลักษณะรูปร่าง รูปทรงในการออกแบบสิ่งต่าง ๆ ที่มีในบ้านและโรงเรียน

คณิตศาสตร์

เรื่อง 1. การบอกเวลา

2. การเลือกใช้เครื่องมือในการวัด

3. การบอกหน่วยความยาว

ตัวชี้วัด

ค 2.1 ป.3/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเวลา และระยะเวลา

ค 2.1 ป.3/3 เลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสมวัดและบอกความยาวของสิ่งต่าง ๆ เป็น เมตร เซนติเมตร และมิลลิเมตร

ค 2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาประกอบด้วยการเรียนรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปศาสตร์ (A) และคณิตศาสตร์ (M) โดยใช้แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) กิจกรรมการเรียนรู้ใช้กระบวนการทางวิศวกรรม โดยเริ่มต้นจากปัญหา นักเรียนจะต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยมีการออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาและทดลองใช้ชิ้นงานนั้น ๆ ว่ามีความสมบูรณ์ สามารถที่จะแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์อย่างแท้จริง แนวคิดสตีม สามารถนำมาบูรณาการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ S (Science) คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นวัตถุ และวัตถุนั้นซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อทำให้ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลงวัสดุอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

เทคโนโลยี T (Technology) คือ การใช้เทคโนโลยี ในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ รวมทั้งการนำโปรแกรม ซอฟแวร์ต่าง ๆ มาใช้ประกอบการแก้ไขปัญหา หรือใช้ในสร้างสรรค์ประดิษฐ์ชิ้นงาน

วิศวกรรมศาสตร์ E (Engineering) คือ การวางแผน ออกแบบ กระบวนการต่าง ๆ เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดในกลุ่มสาระการงานอาชีพ คือ การสร้างของเล่น ของใช้อย่างง่ายโดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 2 มิติ ลงมือสร้างสรรค์ชิ้นงาน และทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ประเมินผลโดยคำนึงถึงคุณสมบัติ การเลือกใช้สิ่งของและสามารถนำสิ่งของเดิมมาประดิษฐ์คิดค้นชิ้นงานเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ศิลปะ A (Arts) คือ การใช้ความรู้ด้านศิลปะ องค์ประกอบศิลป์ ได้แก่ สี พื้นผิว รูปร่าง รูปทรง ในการทำกิจกรรม การปั้น การฉีก ตัดปะ การประดิษฐ์ชิ้นงาน สามารถบอกเหตุผล และวิธีการในการสร้างชิ้นงาน โดยเน้นถึงเทคนิค วัสดุ อุปกรณ์ และบรรยายลักษณะรูปร่าง รูปทรงในการออกแบบ ระบุสิ่งที่ชื่นชม ข้อดี และจุดบกพร่องสิ่งที่ควรปรับปรุงในชิ้นงานของตนเอง

คณิตศาสตร์ M (Mathematics) คือ ความรู้เกี่ยวกับการบอกเวลาเป็นนาฬิกาและนาที การเขียนบอกเวลาโดยใช้มหัพภาค (.) หรือทวิภาค (:) การอ่านและการเขียนบันทึกกิจกรรมที่ระบุเวลา การเลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสม วัดและบอกความยาวของสิ่งต่าง ๆ เป็น เมตร เซนติเมตร และมิลลิเมตร และคาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งส่งเสริมพัฒนาความคิด และจินตนาการ นำความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และเพิ่มทักษะในการแก้ไขปัญหา มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มี 6 ขั้นตอน (Burke, 2014) ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้ คำถาม สื่อวีดีทัศน์ ประเด็นปัญหา หรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ อาจเป็นความรู้เดิมที่มีความเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Explore) นักเรียนได้ศึกษาขอบเขต ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนการทำงาน และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) นักเรียนนำกรอบแนวคิดของกลุ่มตนเองมาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหา ตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานของตนเอง พร้อมทั้งทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ค้นหาจุดบกพร่อง ข้อผิดพลาด และนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข อภิปรายสรุปความรู้ร่วมกัน และตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในการคิดหรือการนำเอาประสบการณ์ความรู้เดิม มาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ เพื่อให้เกิดผลผลิต ชิ้นงาน แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ที่จะช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัย ความรู้ หลักการ แนวคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้จาก

3.1 ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยประเมินจากการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานในแต่ละกิจกรรม

3.2 หลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 2 ข้อ ใช้เวลา 30 นาทีและใช้เกณฑ์การประเมินตามกรอบแนวคิดของทอแรนซ์ (E. Torrance และ Talent, 1962) ที่วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ

3.2.1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแสดงปริมาณความคิดเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือในสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน โดยให้คะแนนคำตอบที่ถูกต้องและมีความสอดคล้องกับคำถามจะนับคำตอบเป็น 1 รายการแต่ถ้ามีคำตอบซ้ำกันข้อที่เป็นคำตอบซ้ำจะไม่ถูกนับ

3.2.2 ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท โดยให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

3.3.3 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับความคิดธรรมดาที่มีอยู่ทั่วไป โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้องที่มีความแตกต่างและสอดคล้องกับคำถาม

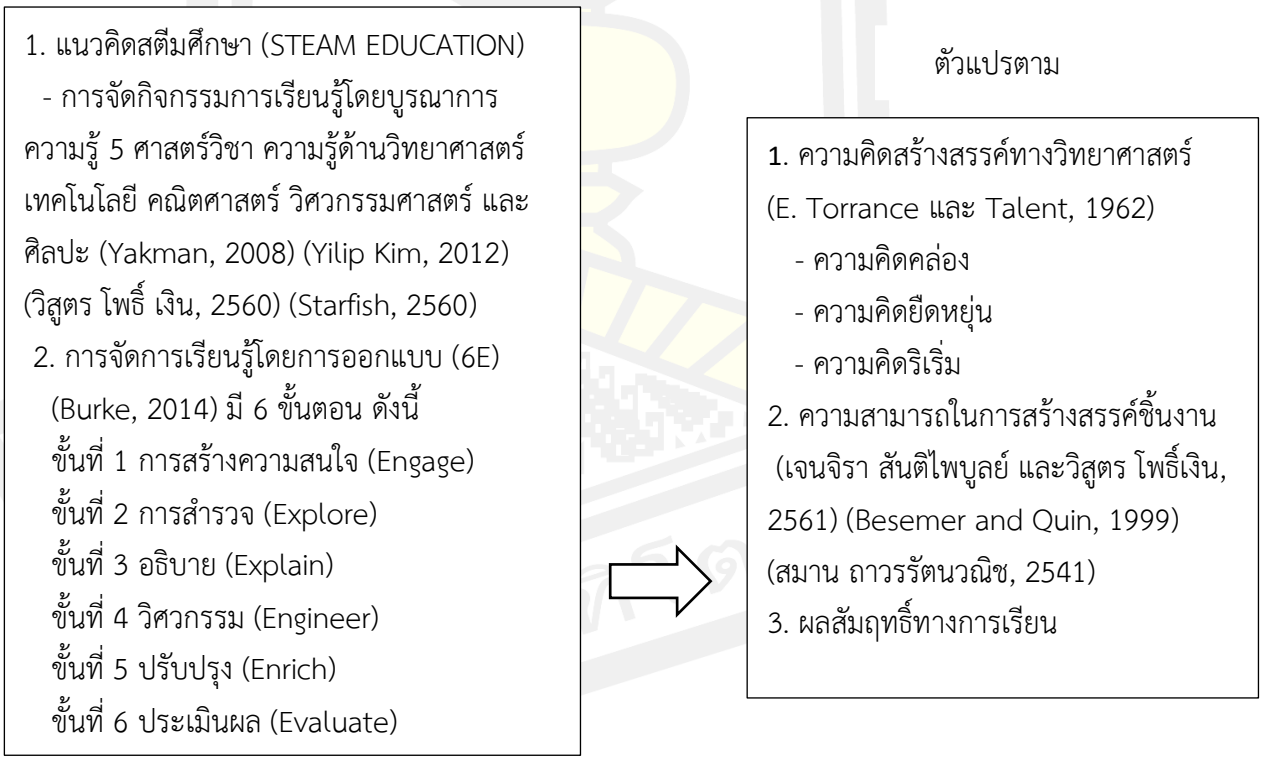
4. ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน คือ ความสามารถในการสร้าง ผลิต หรือประดิษฐ์ผลงานใหม่ ที่ไม่ซ้ำกับแบบเดิมโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ โดยการวิจัยครั้งนี้ประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการประดิษฐ์ชิ้นงานท้ายแผนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน แผนละ 1 ชิ้นรวมทั้งสิ้น 4 ชิ้นงาน ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin โดยประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน จำนวน 5 ด้าน คือ ด้านการวางแผน ด้านการลงมือทำ ด้านการนำเสนอผลงาน ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด ด้านการปรับปรุงผลงาน

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ความสามารถของนักเรียนอันเป็นผลจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการวิจัยในครั้งนี้ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง เป้าหมายคะแนนที่กำหนดด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวัดและประเมินจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน กำหนดเพื่อหาคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนทุกคน ซึ่งต้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

1.6 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

ในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E Learning by Design) ตามแนวคิด สตีมศึกษา (STEAM EDUCATION) มีกรอบแนวคิด ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวทางสตีม (STEAM EDUCATION) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM EDUCATION
5. รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิด STEAM EDUCATION
6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design)
7. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
8. ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
9. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
    - 10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

2.1 หลักสูตรการแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในการเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลกยึดมั่นในการปกครองในระบบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา ต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

วิสัยทัศน์เป็นมุมมองภาพในอนาคตที่มุ่งหวังจะมีการพัฒนาอะไรอย่างไรซึ่งจะสอดคล้องกับการปรับเปลี่ยนของสังคม วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์กำหนดไว้เพื่อให้ผู้บริหารโรงเรียนครูผู้สอนบุคลากรทางการศึกษานักเรียนและชุมชนร่วมกันพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และปฏิบัติร่วมกันสู่ความสำเร็จวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ดังนี้

1.กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความสงสัย เกิดคำถามใหม่ๆ มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผลสามารถสื่อคำถามคำตอบข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

2. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้น

3. ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริงก็จะเข้าใจเล็งเห็นถึงความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนายคาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์ จะเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจและมีความมุ่งมั่น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต โดยใช้แหล่งเรียนรู้หลากหลายในท้องถิ่นและคำนึงถึงนักเรียนที่มีการเรียนรู้ ความสนใจ ความถนัดแตกต่างกัน

4. การจัดให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อเข้าใจซาบซึ้งและเล็งเห็นความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของโลก สิ่งแวดล้อม ตลอดจนเทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้และสื่อสาร ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดแบบองค์รวม สร้างความรู้เป็นของตนเอง เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จินตนาการและศาสตร์อื่นๆร่วมด้วย สามารถตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต และร่วมกันดูแลรักษาโลกธรรมชาติอย่างยั่งยืน

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา มีเป้าหมายสำคัญดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2. วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3. วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4. เทคโนโลยี

4.1 การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

4.2 วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นี้ไว้เป็นสาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักวิทยาศาสตร์ และกระบวนการ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 สาระย่อย ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้เป็นข้อกำหนดคุณภาพของนักเรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนานักเรียนให้มีลักษณะอันพึงประสงค์ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานทุกคนต้องผ่านมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศการถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

คุณภาพนักเรียน

เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนจะมีคุณภาพดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

- เข้าใจลักษณะทั่วไปของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตรอบตัว
- เข้าใจลักษณะที่ปรากฏ ชนิดและสมบัติบางประการของวัสดุที่ใช้ทำวัตถุและการเปลี่ยนแปลงของวัสดุรอบตัว
- เข้าใจการดึง การผลัก แรงแม่เหล็ก และผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุพลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า การเกิดเสียง แสงและการมองเห็น
- เข้าใจการปรากฏของดวงอาทิตย์ดวงจันทร์และดาว ปรากฏการณ์การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์การเกิดกลางวันกลางคืน การกำหนดทิศ ลักษณะของหิน การจำแนกชนิดดินและการใช้ประโยชน์ลักษณะและความสำคัญของอากาศ การเกิดลม ประโยชน์และโทษของลม
- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ สังเกต สำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย รวบรวมข้อมูล บันทึก และอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบด้วยการเขียนหรือวาดภาพ และสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ด้วยการเล่าเรื่อง หรือด้วยการแสดงท่าทางเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ
- แก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเบื้องต้น รักษาข้อมูลส่วนตัว
- แสดงความกระตือรือร้น สนใจที่จะเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
- แสดงความรับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่น รอบคอบ
- ประหยัด ซื่อสัตย์จนงานลุล่วงเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข
- ตระหนักถึงประโยชน์ของการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจของนักเรียนจน

เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนจะมีคุณภาพดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

- เข้าใจโครงสร้าง ลักษณะเฉพาะการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่ การทำหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของพืช และการทำงานของระบบย่อยอาหารของมนุษย์

- เข้าใจสมบัติและการจำแนกกลุ่มของวัสดุ สถานะและการเปลี่ยนสถานะของสสารการละลาย การเปลี่ยนแปลงทางเคมีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้และการแยกสารอย่างง่าย

- เข้าใจลักษณะของแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลัพธ์แรงเสียดทาน แรงไฟฟ้าและผลของแรงชนิดต่าง ๆ ผลที่เกิดจากแรงกระทำต่อวัตถุความดัน หลักการที่มีต่อวัตถุวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ปรากฏการณ์เบื้องต้นของเสียง และแสง

- เข้าใจปรากฏการณ์การขึ้นและตก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์ องค์ประกอบของระบบสุริยะ คาบการโคจรของดาวเคราะห์ความแตกต่างของดาวเคราะห์และดาวฤกษ์การขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์การใช้แผนที่ดาว การเกิดอุปราคาพัฒนาการและประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ

- เข้าใจลักษณะของแหล่งน้ำวัฏจักรน้ำ กระบวนการเกิดเมฆ หมอก น้ำค้าง น้ำค้างแข็ง หยาดน้ำฟ้า กระบวนการเกิดหิน วัฏจักรหิน การใช้ประโยชน์หินและแร่ การเกิดซากดึกดำบรรพ์การเกิดลมบก ลมทะเล มรสุม ลักษณะและผลกระทบของภัยธรรมชาติธรณีพิบัติภัยการเกิดและผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจก

- ค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและประเมินความน่าเชื่อถือ ตัดสินใจเลือกข้อมูลใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการทำงานร่วมกันเข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพสิทธิของผู้อื่น

- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ คาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ วางแผนและสำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

- วิเคราะห์ข้อมูล ลงความเห็น และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มาจากการสำรวจตรวจสอบในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อสื่อสารความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบได้อย่างมีเหตุผล

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง แสดงความคิดเห็นของตนเองยอมรับในข้อมูลที่มีหลักฐานอ้างอิงและรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น

- แสดงความ รับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่น รอบคอบ ประหยัด ซื่อสัตย์จนงานลุล่วงเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้นและศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ

- แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย แสดงพฤติกรรมที่เกี่ยวกับข้องการใช้ การดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า

เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนจะมีคุณภาพดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

- เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศและการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

- เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสมหลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์เซรามิก และวัสดุผสม

- เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรงแรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อนการหักเหของแสงและทัศน์อุปกรณ์

- เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์การเกิดน้ำขึ้นน้ำลงประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศและความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

- เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศการเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา

บนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดินกระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

- เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

- นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

- วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ

เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนจะมีคุณภาพดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

- เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์กลไกการรักษาดุลยภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติ บางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมีโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์การเกิดปฏิกิริยาเคมีปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนสมการเคมี

- เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่งผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

- เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สีกับการมองเห็นสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

- เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิส ที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรและผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกรวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

- เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซีโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสีอุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสมมีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

- ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพแสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

- วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

- แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

- วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อนการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือ

คณิตศาสตร์วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบสร้างหรือพัฒนาผลงาน สำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

- ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคมวัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

จากการศึกษาเอกสารพบว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีสาระพื้นฐาน 4 สาระ ประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และเทคโนโลยี ในแต่ละสาระประกอบไปด้วยเนื้อหาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรบูรณาการสาระต่างๆเข้าด้วยกันเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับนักเรียนที่มีความสนใจหรือมีแววทางวิทยาศาสตร์ สถานศึกษาอาจจัดให้นักเรียนสาระที่เป็นเนื้อหาวิชาให้กว้างขึ้น เข้มขึ้นขึ้น หรือฝึกทักษะกระบวนการมากขึ้น โดยพิจารณาจากสาระหลักที่กำหนดไว้นี้หรือสถานศึกษาอาจจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมก็ได้โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของนักเรียน

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ใช้เนื้อหา วิชา วิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สาระที่2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุ และวัสดุ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีตัวชี้วัดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่องของเล่นของใช้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.3	อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	วัตถุอาจทำจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งแต่ละชิ้นมีลักษณะเหมือนกันมาประกอบเข้าด้วยกัน เมื่อแยกชิ้นส่วนย่อย ๆ แต่ละชิ้นของวัตถุออกจากกันสามารถนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้เช่น กำแพงบ้านมีก้อนอิฐหลาย ๆ ก้อนประกอบเข้าด้วยกัน และสามารถนำก้อนอิฐจากกำแพงบ้านมาประกอบเป็นพื้นทางเดินได้
	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	เมื่อให้ความร้อนหรือทำให้วัสดุร้อนขึ้น และเมื่อลดความร้อนหรือทำให้วัสดุเย็นลง วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่น สีเปลี่ยน รูปร่างเปลี่ยน

ที่มา : กระทรวงศึกษาธิการ (2560)

2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2546) การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มาตรา23(2) เน้นกระบวนการจัดการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัย ให้ความสำคัญของการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งความรู้ ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน ในส่วนของการจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา 24 กล่าวไว้ว่า ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังนี้

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของนักเรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา

2. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

3. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ในทุกรายวิชา

4. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งผู้สอนและนักเรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่างๆ

5. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครองและบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนานักเรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวดังกล่าวจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของผู้สอนและการเรียนของนักเรียน กล่าวคือ ลดบทบาทของผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่าและบรรยายมาเป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผ่านกระบวนการที่สำคัญ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยผ่านกิจกรรมการสังเกต การตั้งคำถาม การวางแผนเพื่อการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลโดยตรง ด้วยวิธีการที่หลากหลายทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปรายและการสื่อสารความรู้ในรูปแบบต่างๆให้ผู้อื่นเข้าใจ กิจกรรมต่างๆจะต้องเน้นที่บทบาทของนักเรียนตั้งแต่เริ่ม คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผลและประเมินผลและต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้นเน้นการพัฒนากระบวนการคิด การวางแผน ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูลการแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่างๆในที่สุด เป็นการสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวต้องพัฒนาให้นักเรียนให้เจริญพัฒนาทั้งร่างกาย อารมณ์ สังคมแบะสติปัญญา ในการจัดการเรียนการสอนผู้สอนต้องศึกษาเป้าหมายและปรัชญาของการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ ตลอดจนกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการและนักเรียนมีความสำคัญที่สุด แล้วพิจารณาเลือกนำไปใช้ออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของโรงเรียน แหล่งความรู้ของท้องถิ่นและที่สำคัญคือ ศักยภาพของนักเรียนด้วย ดังนั้น ในเนื้อหาสาระเดียวกันผู้สอนแต่ละโรงเรียนย่อมจัดการเรียนการสอนและใช้สื่อการเรียนการสอนที่แตกต่างกันได้ กระบวนการจัดการการเรียนรู้ที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ คือ

1. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
2. กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Process)
3. กระบวนการคิดและปฏิบัติ (Hand – on Mind –on Activities)
4. การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative Learning)

จากการศึกษาเอกสารพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการสังเกต การตั้งคำถาม การวางแผนเพื่อการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลโดยตรง ด้วยวิธีการที่หลากหลายทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การสื่อสาร โดยครูจะต้องลดบทบาทของตัวเองจากผู้บอกความรู้เปลี่ยนเป็นช่วยเหลือคำแนะนำ กระบวนการจัดการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ มีมากมายครูผู้สอนสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาสภาพบริบทของนักเรียนแต่กระบวนการจัดการการเรียนรู้ที่นิยมนำมาใช้ในออกแบบการจัดการเรียนรู้ วิชา วิทยาศาสตร์ อย่างแพร่หลาย ได้แก่ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการคิดและปฏิบัติ และ การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ

2.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546b)ได้กล่าวถึง การวัดประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ไว้ว่าเป็นการวัดผลประเมินผลอย่างมีระบบ มีขั้นตอนเริ่มจากการกำหนดจุดมุ่งหมายด้านต่าง ๆ ซึ่งอาจประกอบด้วย ความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ เจตคติ และโอกาสในการเรียนรู้ ต่อจากนั้นจึงกำหนดวิธีการวัดประเมินผลที่หลากหลายทั้ง การประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ และการประเมินจากสภาพจริงจากการปฏิบัติงาน หรือประเมินจากผลงานของผู้เรียน ทั้งนี้จะต้องกำหนดเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประเมินได้อย่างเที่ยงตรง การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเป็นการประเมินตามสภาพจริงมากกว่าการประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ เนื่องจากการประเมินตามสภาพจริงจะช่วยสะท้อนถึงสมรรถภาพของผู้เรียนได้ครอบคลุมทุกด้านช่วยให้การวัดและประเมินมีคุณภาพมากขึ้น

การประเมินตามสภาพจริง

สสวท. (2546) ได้ให้ความหมายการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่า การประเมินตามสภาพจริงคือการประเมินจากการลงมือปฏิบัติจริงของผู้เรียน และเชื่อมโยงการเรียนรู้กับชีวิตและสังคม ซึ่งผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิด การประเมินตามสภาพจริงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเอง และใช้วิธีการประเมินอย่างหลากหลายตามสถานการณ์ที่เป็นจริงโดยกระทำอย่างต่อเนื่อง การประเมินตามสภาพจริงมีลักษณะดังนี้

1. เน้นการพัฒนาและการประเมินตนเอง
2. ให้ความสำคัญกับการพัฒนาจุดเด่นของผู้เรียน
3. เน้นการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกเป็นสำคัญ

4. เน้นคุณภาพของผลงานที่ได้จากการบูรณาการความรู้ และทักษะ

5. มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ตามบริบทของผู้เรียนทั้งที่บ้าน สถานศึกษาและชุมชน

6. สนับสนุนการมีส่วนร่วม และมีความรับผิดชอบร่วมกัน มีการชื่นชมต่อการปฏิบัติงานและผล ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข

7. กระทำไปพร้อมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ตามสภาวการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อสร้างความเชื่อโยงการเรียนรู้สู่ชีวิตจริง

8. เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูง โดยใช้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ในการสังเคราะห์อธิบาย ตั้งสมมติฐาน สรุปและแปลผล

จากการศึกษาเอกสารพบว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการวัดและการประเมินจากสภาพจริงจากการปฏิบัติงาน หรือประเมินจากผลงานของผู้เรียน มีการกำหนดเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประเมินได้อย่างเที่ยงตรง เน้นให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ ความสามารถกระบวนการคิด อีกทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเอง และใช้วิธีการประเมินอย่างหลากหลายครอบคลุม

เป้าหมายและแนวปฏิบัติของการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การประเมินสมรรถภาพของผู้เรียนมีเป้าหมายและแนวปฏิบัติ เช่นเดียวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ครอบคลุมทั้งความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ รายละเอียดของเป้าหมายและแนวปฏิบัติ มีดังต่อไปนี้

เป้าหมายการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิธีการประเมินผลอย่างหลากหลายทั้งการทดสอบด้วยข้อสอบและการประเมินจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่สะท้อนถึงสมรรถภาพของผู้เรียน การวัดผลประเมินผลมีเป้าหมายสำคัญที่ต้องการวัดและประเมินผล จำแนกได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความคิด

ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา หรือแนวคิดหลัก ซึ่งสามารถประเมินได้ จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังนี้

ตารางที่ 2 การประเมินพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน

ความรู้ความคิด	พฤติกรรมการแสดงออก
1.ความรู้ความจำ	1.รู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสนเทศ
2.ความเข้าใจ	2.มีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้
3.การนำไปใช้	3.หารนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
4.วิเคราะห์	4.แยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย
5.สังเคราะห์	5.รวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้
6.ประเมินค่า	6.ตัดสินใจเลือก

ที่มา : สสวท. (2546)

ประเมินโดยการทดสอบด้วยข้อสอบไม่สามารถวัดประเมินผลความรู้ความคิดในส่วนของการวิเคราะห์ และประเมินค่า ได้มากเพียงพอที่จะส่งเสริมผู้เรียนให้พัฒนาความคิดระดับสูง จึงต้องประเมินการแสดงออกของผู้เรียนจากการลงมิปฏิบัติจริงมากยิ่งขึ้น

2. กระบวนการเรียนรู้

ความสามารถด้านกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทักษะกระบวนการ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ การประยุกต์ความรู้ การลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะเชาวน์ปัญญาและทักษะการปฏิบัติ การประเมินในส่วนของทักษะปฏิบัติใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนที่มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 3 วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านทักษะปฏิบัติ

ทักษะปฏิบัติ	พฤติกรรมการแสดงออก
1.การรับรู้	1. ใช้ประสาทสัมผัสรับรู้เรื่องราวต่าง ๆ
2.เตรียมความพร้อม	2.มีความพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติ มีการวางแผนการปฏิบัติ
3.การตอบสนอง	3. ลงมือปฏิบัติตามคำแนะนำแนะนำหรือแผนที่วางไว้
4.การฝึกฝน	4. ฝึกฝนทักษะเพื่อเพิ่มความชำนาญ
5.ปฏิบัติจนทำได้	5.ฝึกฝนจนทำได้เองโดยอัตโนมัติ
6.การเชื่อมโยงทักษะ	6.ประยุกต์หรือใช้ทักษะที่ฝึนฝนไว้ให้สัมพันธ์กับทักษะอื่นหรือใช้ร่วมกับทักษะอื่น

ที่มา : สสวท. (2546)

กระบวนการเรียนรู้ในส่วนของแนวการเรียนรู้ครอบคลุมการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการนำความรู้ไปใช้ สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการนำความรู้ไปใช้

กระบวนการเรียนรู้	พฤติกรรมการแสดงออก
1. การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์	มีการเรียนรู้ที่เป็นระบบ ประกอบด้วย - ความสนใจในเรื่องที่ศึกษา - การสำรวจและค้นหา - การอธิบายและลงข้อสรุป - การขยายความรู้ - การประเมิน
2.การแก้ปัญหา	มีการใช้ทักษะการแก้ปัญหา ประกอบด้วย - การทำความเข้าใจปัญหา - การวางแผนแก้ปัญหา - การลงมือแก้ปัญหาและประเมินผลการแก้ปัญหา - การตรวจสอบการแก้ปัญหาและนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้กับปัญหาอื่น
3.การสื่อสาร	มีการสื่อสารความรู้หรือแนวทาคิดหลักวิทยาศาสตร์ หรือความคิดเห็น แสดงออกด้วยการ - ให้ความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนความรู้ - พูดหรือเขียนรูปแบบที่เหมาะสม ชัดเจน และมีเหตุผล - อธิบายหรือเขียนสรุปเรื่องราวการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ - นำเสนอผลงานด้วยการบันทึกผล จัดแสดงผลงานหรือสาธิต - สื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

ตารางที่ 4 (ต่อ) วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการนำความรู้ไปใช้ (ต่อ)

กระบวนการเรียนรู้	พฤติกรรมการแสดงออก
4.การนำความรู้ไปใช้	มีการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมการดำรงชีวิตและตระหนักในความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - ค้นคว้าหารความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - ใช้เทคโนโลยีช่วยออกแบบสิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์ และวิธีการแก้ปัญหา - รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทางเทคโนโลยี เลือกใช้เทคโนโลยี ได้อย่างมีวิจารณญาณ

ที่มา : (สสวท., 2546)

กระบวนการการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ สามารถตรวจ ติดตาม และประเมินได้จากการปฏิบัติงานและผลงานของผู้เรียนการทำกิจกรรมทำให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดงความสามารถด้านทักษะเชาวน์ปัญญา ทักษะปฏิบัติ กระบวนการการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหา การนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งความสามารถด้านการสื่อสาร ซึ่งเป็นทักษะในการดำเนินชีวิตและทักษะทางสังคม

3. เจตคติ

เจตคติ เป็นจิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ส่วน คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ด้วยการสังเกตพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของผู้เรียนที่ใช้ระยะเวลานานพอสมควรและมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนด้านเจตคติมีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 5 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนด้านเจตคติ

เจตคติ	พฤติกรรมการแสดงออก
1.การรับรู้	1.สนใจและรับรู้ข้อสนเทศหรือส่งเร้าด้วยความตั้งใจ
2.ตอบสนอง	2.ตอบสนองต่อข้อสนเทศหรือสิ่งร้ายอย่างกระตือรือร้น
3.เห็นคุณค่า	3.แสดงความรู้สึกชื่นชอบ มีความเชื่อมเกี่ยวกับคุณค่าของเรื่องที่เรื่องรู้
4.จัดระบบ	4.จัดระบบ จัดลำดับ เปรียบเทียบ และบูรณาการเจตคติกับคุณค่าเพื่อนำไปใช้หรือปฏิบัติได้
5.สร้างคุณลักษณะ	5. เลือกปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติในสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ที่มา : สสวท. (2546)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของผู้เรียน ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้หรือ การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ ส่วนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความพอใจ ศรัทธา และซาบซึ้ง เห็นคุณค่าและประโยชน์ รวมทั้งมีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะชี้บ่งจิตวิทยาศาสตร์ทั้งด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหลังจะได้รับการพัฒนาในตัวผู้เรียนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1. ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น
2. ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ
3. ความซื่อสัตย์
4. ความประหยัด
5. ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดของผู้อื่น
6. ความมีเหตุผล
7. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1. พอใจประสบการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
5. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
6. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
7. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากการศึกษาเอกสารพบว่า เป้าหมายและแนวปฏิบัติของการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ครอบคลุมทั้งความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายสำคัญที่ต้องการวัดและประเมินผล 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา ด้านกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทักษะกระบวนการ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ การประยุกต์ความรู้ การลงมือปฏิบัติจริง ด้านเจตคติ เป็นจิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แนวปฏิบัติในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สสวท. (2546) ได้ให้แนวทางการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใช้แนวทางการประเมินตามสภาพจริงด้วยการประเมินอย่างหลากหลายให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน โดยกำหนดวัตถุประสงค์สำคัญประกอบด้วย

1. วินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ การใช้เทคโนโลยี รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนด้านจิตวิทยาศาสตร์และโอกาสของการเรียนรู้ เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปเป็นแนวทางพัฒนาผู้เรียนอย่างเต็มศักยภาพ

2. ตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ ของสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ผลการตรวจสอบบ่งชี้คุณภาพของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. รวบรวมข้อมูลและจัดระบบสารสนเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อมีข้อสนเทศที่สมบูรณ์ทันต่อการนำไปใช้พัฒนาผู้เรียน และพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางกำหนดนโยบายการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ได้มาตรฐานที่สูงยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความเท่าทันกับนานาประเทศ

การประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวเป็นการประเมินสมรรถภาพของผู้เรียน ที่จะต้องมีเครื่องมือการประเมินผลที่มีประสิทธิภาพทั้งวิธีการประเมินกิจกรรม เกณฑ์การประเมิน และแบบประเมินเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือการประเมินที่ผู้สอนต้องให้ความสำคัญ และกำหนดสาระสำคัญของการประเมินไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อการเตรียมความพร้อมไว้ก่อนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมินสำหรับประเมินผลการเรียนรู้ ตามเป้าหมายทั้งด้านความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ และเจตคติ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. เกณฑ์รวม เป็นเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนแบบภาพรวม และสรุปผลส่วนที่เป็นประเด็นสำคัญ

2. เกณฑ์ย่อย เป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้แบบแยกองค์ประกอบย่อย โดยต้องวินิจฉัยการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างละเอียด และประเมินอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้แนวทางการปรับปรุง หรือพัฒนาผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

การประเมินตามสภาพจริงอาจใช้แบบเกณฑ์รวมหรือเกณฑ์ย่อย หรือเกณฑ์ทั้งสองแบบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการประเมินและลักษณะของกิจกรรม การประเมินผลการทำกิจกรรมเดียวกันด้วยการใช้ทั้งเกณฑ์รวม และเกณฑ์ย่อยอาจได้ผลที่ไม่สอดคล้องกัน ซึ่งสาเหตุอาจมาจากความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมหรือสภาพการณ์ต่าง ๆ และบริบทของผู้เรียนรวมทั้งเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้น หลักฐานและร่องรอยจากการปฏิบัติงานของผู้เรียน หรือผลงานที่เก็บไว้ในแฟ้มสะสมผลงานช่วยทำให้สรุปผลการประเมินได้

การสร้างเกณฑ์การประเมินมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ จุดประสงค์การประเมินต้องกำหนดอย่างชัดเจน และเหมาะสมกับวิธีการประเมินทั้งส่วนของปัญหา เนื้อหาสาระ กิจกรรม และระดับของผู้เรียน

2. กำหนดรายการประเมิน รายการประเมินได้จากการขยายจุดประสงค์ ให้มีรายละเอียดครอบคลุมอย่างเพียงพอที่บอกความรู้ความคิด และความสามารถอย่างแท้จริง

3. กำหนดเกณฑ์การประเมิน เกณฑ์การประเมินที่ใช้เป็นบรรทัดฐาน สำหรับประเมินผลงานมีทั้งเกณฑ์ด้านปริมาณหรือจำนวนของผลงาน และด้านคุณภาพของผลงาน การกำหนดเกณฑ์คุณภาพจำเป็นต้องกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ด้วยการอธิบายลักษณะของผลงานในระดับคุณภาพต่างๆ อย่างชัดเจน การอธิบายระดับคุณภาพ ควรเป็นไปในเชิงบวก คำนึงถึงศักยภาพของผู้เรียน ความเป็นปรนัย และความยุติธรรม

การประเมินสมรรถภาพเป็นการตัดสินคุณค่าจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ บันทึกพฤติกรรมการแสดงออก ขณะทำกิจกรรมที่สะท้อนสมรรถภาพทุกด้านของผู้เรียน โดยเป็นบันทึกของผู้สอน และบันทึกของผู้เรียนที่ประเมินตนเอง บันทึกสิ่งต่าง ๆ เก็บไว้อย่างเป็นระบบ แล้วนำมาจัดกระทำให้มีความหมายต่อไป นอกจากนี้ข้อมูลการปฏิบัติงาน และผลงานของ

ผู้เรียน อาจได้จากการใช้แบบสำรวจ และแบบสอบถามที่สร้างขึ้น ซึ่งแบบบันทึกผลที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ

1.แบบสำรวจรายการ เป็นแบบบันทึกผลการสำรวจที่มีรายการสำรวจ หรือตรวจสอบผลงาน หรือ พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก บันทึกด้วยทางเลือก 2 ทาง เช่น ปฏิบัติ/ไม่ได้ปฏิบัติ ผ่าน/ไม่ผ่านถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้จะต้องมีเกณฑ์ที่ชัดเจนให้ผู้ประเมินทำการสำรวจและตัดสินผลได้อย่างถูกต้อง

2. แบบมาตรระดับ หรือมาตราส่วนประมาณค่า เป็นแบบบันทึกผลการประเมินที่มีหัวข้อการประเมินทั้งการปฏิบัติงาน และผลงาน โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ให้สังเกตได้ บันทึกระดับคุณภาพตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป ด้วยเกณฑ์บอกถึงปริมาณ และคุณภาพอย่างชัดเจน ข้อมูลจากแบบประเมินลักษณะนี้สามารถแสดงถึงความก้าวหน้า และผลสัมฤทธิ์

จากแบบบันทึกผลการประเมินที่มีข้อมูลปริมาณมาก และครอบคลุมสมรรถภาพของผู้เรียนทุกด้าน นำมาจัดกระทำแล้วจึงแปลความหมาย ลงข้อสรุป จัดเป็นข้อสนเทศผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อใช้ประโยชน์ตามบทบาทหน้าที่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายการประเมินสรรถภาพของผู้เรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินเป็นภารกิจของผู้สอนที่ต้องกระทำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แนวปฏิบัติที่เป็นไปได้ในการประเมิน มีดังนี้

1. การประเมินโดยผู้สอน เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่ผู้สอนเป็นผู้ดำเนินงานเริ่มตั้งแต่ การกำหนดจุดประสงค์ สร้างเครื่องมือวัด กำหนดเกณฑ์การประเมิน การให้คะแนน และการตัดสินผลการเรียนรู้

2. การประเมินโดยผู้สอน และผู้เรียน เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ที่ผู้สอน และผู้เรียนร่วมกันกำหนดจุดประสงค์ วิธีการประเมิน เกณฑ์การประเมินและผู้เรียนได้ร่วมประเมินตนเองด้วยโดยผู้สอนคอยดูแล อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาได้อย่างใกล้ชิด เพื่อให้ผู้เรียนปฏิบัติงานและพัฒนาผลงานตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3. การประเมินผลโดยผู้เรียน เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ที่ผู้เรียนดำเนินการด้วยตนเอง ผู้เรียนมีโอกาส และมีอิสระทำกิจกรรมอย่างหลากหลายตามความสามารถ ประเมินผลงานของตนเอง นำความรู้ไปใช้ และจัดเก็บผลงานอย่างเป็นระบบ

จากการศึกษาเอกสารพบว่า แนวปฏิบัติในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้แนวทางการประเมินตามสภาพจริงที่มีความหลากหลาย โดยใช้เครื่องมือ และเกณฑ์ การประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ การประเมินตามสภาพจริง สามารถใช้เกณฑ์ได้ 2 แบบ คือ เกณฑ์รวม และเกณฑ์

ย่อย เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และบริบทของนักเรียน แนวการปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธี ตามความเหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ทั้งเกณฑ์รวม และเกณฑ์ย่อย มีผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM

ความเป็นมา และความสำคัญของสะเต็ม (STEM Education)

National Science Foundation: NSF (2012) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม (STEM) ถูกนำมาใช้โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากประสบปัญหาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรมที่มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งปัญหาการขาดแคลนบุคคลากรด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ส่งผลต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจในระดับนานาชาติ เนื่องจากการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ก้าวกระโดดนั้นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์จากศิลปะร่วมในการออกแบบด้วย (Land, 2013) สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ริเริ่มใช้ STEM ซึ่งมาจากการนำความรู้จาก 4 ศาสตร์ ได้แก่ S (Science) วิทยาศาสตร์ T (Technology) เทคโนโลยี E (Engineering) วิศวกรรมศาสตร์ และ M (Mathematics) คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเชื่อมโยงกันในการจัดการเรียนรู้ โดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การสร้างองค์ความรู้จากตนเอง นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วหลายประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญของ STEM เช่นกัน อาทิ ประเทศจีน อินเดีย เกาหลี เป็นต้น โดยประเทศจีนได้ส่งเสริมการผลิตบัณฑิตที่มีความเชี่ยวชาญด้าน STEM เป็นจำนวนเกินครึ่งที่ทุกประเทศผลิตรวมกัน (ศุภนิช เจริญสุข, 2559) ในขณะเดียวกัน พลเอกประยุทธ จันทรโอชา นายกรัฐมนตรีประเทศไทยก็ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษาจึงมีนโยบายให้กระทรวงศึกษาธิการนำ STEM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความรู้ด้าน วิยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ให้เท่าเทียมและสามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ โดยทางด้านกระทรวงศึกษาธิการได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสะเต็มศึกษาว่า การศึกษาแบบสะเต็มเป็นการเรียนรู้ผ่านการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์วิชาต่างๆ ทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ การใช้เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม จัดให้แก่นักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ชัยยศ อิ่มสุวรรณ อ้างถึงใน (มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์, 2559) ซึ่งมีการนำไปใช้บูรณาการตั้งแต่ระดับหลักสูตรไปจนถึงระดับรายวิชา ซึ่งเนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องอาจมีสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน หรือ มีเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งเป็นหัวข้อหลัก หรือบูรณาการในวิชาอื่นไปพร้อมกัน เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหา พัฒนาองค์สร้างความรู้ใหม่ให้เกิดขึ้น เพราะใน

การทำงานและการดำเนินชีวิตล้วนต้องอาศัยองค์ความรู้จากหลากหลายศาสตร์ (เจนจิรา สันติไพบูลย์และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างจากอดีตมีความท้าทายส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจินตนาการเป็นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงต่อมามีนักการศึกษาพัฒนารูปแบบทางการศึกษาจากสะเต็มศึกษาไปเป็นแนวคิดที่เรียกว่า สตีม (STEAM education) ขึ้นมา (Edudemic Connecting Education & Technology, 2015) โดยสตีม ประกอบขึ้น จาก 5 ศาสตร์ คือแนวคิดในการจัดการศึกษาแบบ STEM โดยเพิ่มอักษรตัว A เข้ามา ซึ่งตัว A หมายถึง Arts หรือศิลปะศาสตร์ที่ไม่ใช่เฉพาะทางด้านศิลปกรรมเท่านั้นแต่รวมถึง ปรัชญา ภาษา วรรณกรรม จิตวิทยา มนุษย์และสังคม STEAM เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ ใน วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) คณิตศาสตร์ (Mathematics) และเพิ่มตัว A (Arts) คือ ศิลปะ ภาษา การแสดง สังคมและทัศนคติ โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนกันผ่านการประยุกต์กับสถานการณ์จริง ในการที่ผู้คิดค้น ได้เพิ่มศิลปศาสตร์ (Arts) เข้าไปใน STEM เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะ เช่น ศิลปะอุตสาหกรรม ศิลปภาษา ศิลปกายภาพ ศิลปศาสตร์ และวิจิตรศิลป์ (Yakman และ Lee, 2012) เพื่อต้องการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ กล้าคิดนอกกรอบ สามารถออกแบบนวัตกรรมใหม่ๆ และแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารพบว่า STEM Education ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และแก้ไขปัญหาการขาดแคลนบุคคลากรด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ต่อมาปลายประเทสได้หันมาให้ความสำคัญกับ STEM Education มากขึ้นรวมถึงประเทศไทยก็ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษาจึงมีนโยบายให้กระทรวงศึกษาธิการนำ STEM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถของประชากร ให้เท่าเทียมและสามารถแข่งขันในเวทีนานาชาติ

ความหมายการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM Education

Gonzalez และ Kuenzi (2014) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า หมายถึง กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและ คณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น การเรียนการสอนในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น การใช้โปรแกรมแบบฝึกหัด

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษาว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกฝนทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีและนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้

2. มีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการที่จะแก้ไขปัญหา หรือแก้ไขสถานการณ์ที่ผู้สอนได้กำหนดขึ้น

3. มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active learning)

4. ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือ สถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น

5. สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า หมายถึง เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตประจำวัน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผล การคิดในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการทำงานแบบกลุ่มร่วมมือ การอยู่ร่วมกับสังคมและนำประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และประกอบอาชีพในอนาคต

วิษณุ ทุมมี (2562) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า หมายถึง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์โดยผ่านกระบวนการทาง วิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และ ทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

Y. Kim, & Park, Namje, (2012) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่า STEAM เป็นการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาประกอบ ด้วยการเรียนรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ (S:

Science) เทคโนโลยี (T: Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E: Engineering) ศิลปศาสตร์ (A: Arts) และคณิตศาสตร์ (M: Mathematics) โดยให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวทางด้านการสอน เน้นการได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งการนำศิลปศาสตร์เพิ่มเข้ามาจะช่วยพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดเชิงวิชาการและนำไปสู่ความมั่นคงในการเรียน

หทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล (2559) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่า STEAM เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านบูรณาการ ศาสตร์ 5 แขนง ได้แก่ S (Science) วิทยาศาสตร์T (Technology) เทคโนโลยี E (Engineering) วิศวกรรมศาสตร์ A (Arts) ศิลปะ และM (Mathematics) คณิตศาสตร์ ซึ่งนำมาบูรณาการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ S (Science) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับ กระบวนการดำรงชีวิต สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 แรง และการเคลื่อนที่ และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต (Observing) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) และทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ขณะดำเนินปฏิบัติกิจกรรม

เทคโนโลยี T (Technology) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เช่น สายวัด กาว กรรไกร เทปใส ไม้บรรทัด ในการสร้างสรรค์ประดิษฐ์ผลงาน

วิศวกรรมศาสตร์ E (Engineering) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้วางแผน ออกแบบ ผลงานตามความคิดของตนเอง และสร้างสรรค์ประดิษฐ์ผลงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตลอดจนตรวจสอบและ ปรับปรุงผลงาน

ศิลปะ A (Arts) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้ด้านองค์ประกอบศิลป์ ได้แก่ สี พื้นผิว รูปร่าง/รูปทรง ในการทำกิจกรรม การปั้น การฉีก ตัดปะ การประดิษฐ์

คณิตศาสตร์ M (Mathematics) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้เกี่ยวกับจำนวน การวัด และเรขาคณิต ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ สาระที่ 1จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด และสาระที่ 3 เรขาคณิต

มินตรา กระเป๋าทอง (2561) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์แขนงต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรม ศิลปศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อทำให้เกิดความสมดุลของสมองทั้งสองซีก และให้นักเรียนได้เกิดการใช้ความคิดเชิงสร้างสรรค์และความคิดเชิงตรรกะร่วมกันอย่างลงตัว

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยอาศัยการบูรณาการความรู้จากศาสตร์ด้านต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับความรู้เชิงวิชาการ ให้นักเรียนเกิดความรู้ และประสบการณ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต ประจำวัน

แนวคิดของ STEM Education

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงแนวคิดของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นการผสมผสานระหว่างแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียน กล่าวคือในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Council (2012) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นขั้นตอนที่มีการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสม เพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาใช้วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นแล้ว มีผลลัพธ์อย่างไร และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอย่างไร

2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดจากการศึกษามา และจดบันทึกแนวคิดที่น่าสนใจไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิด โดยพิจารณาถึงความ เป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการอย่างชัดเจนรวมถึงการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Proto type) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่นำมาใช้แก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนของการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน และประเมินประสิทธิภาพของการแก้ไขปัญหา โดยผลลัพธ์จากการแก้ไขปัญหาอาจถูก นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดชิ้นงานใหม่ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงาน จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว นักเรียนจะต้องนำเสนอผลลัพธ์สรุปรวมถึงวิธีการปรับปรุงต่อสาธารณชน โดยต้องวิธีการนำเสนอข้อมูลที่มีความน่าสนใจ และเข้าใจง่าย

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาได้ตระหนักถึงสาเหตุที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อยๆ หลายปัญหา ผู้แก้ปัญหาจึงต้องพิจารณาปัญหาหรือองค์ประกอบย่อยๆ เหล่านั้นเพื่อค้นหาวิธีในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาได้ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อยแล้วในขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวม ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหา อาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครเคยหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่และหากมีเขาเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

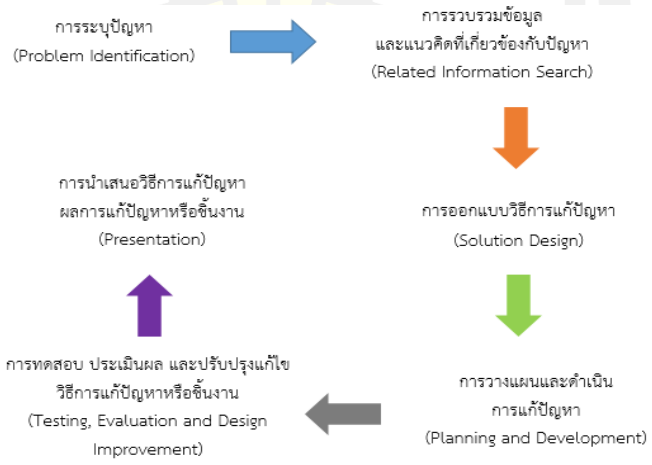
2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดจากการศึกษามา และจดบันทึกแนวคิดที่น่าสนใจไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิด โดยพิจารณาถึงความ เป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม ประกอบเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการออกแบบร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมถึงการกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาให้มีความชัดเจน

5. การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา หรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาจะต้องนำเสนอผลลัพธ์สรุปรวมถึงวิธีการปรับปรุงต่อสาธารณชน โดยต้องวิธีการนำเสนอข้อมูลที่มีความน่าสนใจ และเข้าใจง่าย



ภาพประกอบที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557)

จากการศึกษาเอกสาร ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดของ STEM Education เป็นการผนวกกันระหว่างแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งอาจมีขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างกัน โดยอาจจะมีการสลับขั้นตอนได้ ทั้งนี้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือการแก้ปัญหา ต้องอาศัยการทำซ้ำๆ และมีความต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้ ครูจะต้องกำหนดกรอบของปัญหาหรือสถานการณ์โดยคำนึงถึงความรู้เดิมและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มีการบูรณาการความรู้ใน 4 สาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้แตกต่างกันในหลายๆด้าน เช่น ทางกายภาพ ทางสติปัญญา ความฉลาดทางอารมณ์ ความฉลาดทางจริยธรรม ความสามารถในการฟันฝ่าปัญหาและอุปสรรค์ ที่เป็นกระบวนการคิดในระบบตรรกะ การ คำนวณ การใช้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ ที่ถูกควบคุมโดยการทำงานของสมองซีกซ้าย (มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์, 2559) จากการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการสหรัฐอเมริกา พบว่า ในปี ค.ศ.2009 นักเรียนมัธยมด้นร้อยละ 28 ของนักเรียนมัธยมต้นทั้งประเทศ มีความสนใจที่จะเลือกเรียนต่อใน 4 ด้านนี้แต่อีก 57% ได้เลิกให้ความสนใจในสะเต็มศึกษาไป เมื่อสำเร็จการศึกษา มีนักเรียนมัธยมปลายเพียง 16% ที่มีความถนัดและสนใจในการยึดอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ 4 สาขาวิชาดังกล่าว (Edudemic Connecting Education & Technology, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยด้านการคิดจาก University of Toronto ที่ไต้ให้เหตุผลของกระบวนการทำงานสมองไว้ว่ามนุษย์จะมีความสามารถในการใช้สมองที่แตกต่างกัน บางคนมีความสามารถจากสมองซีกขวามากกว่า จึงทำให้เก่งด้านการใช้จินตนาการ ส่วนบางคนนั้นสมองซีกซ้ายมีส่วนควบคุมมากกว่าทำให้เชี่ยวชาญด้านตรรกะ การวิเคราะห์ การคำนวณ มากกว่าแต่เราควรพัฒนาให้มนุษย์รู้จักใช้สมองทั้งสองซีก เพราะสมองแต่ละส่วนก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน (Rex Jung, [n.d.]) นักวิจัย และนักการศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้ต่อยอดแนวคิดจาก STEM ไปสู่ STEAM

สตีมศึกษา (STEAM) เป็น การบูรณาการความรู้ 5 ด้าน โดยเพิ่ม A ที่มาจาก ศิลปะ (Art) เพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวาโดยการเพิ่มศิลปะเข้ามาจะช่วยสนับสนุนในเรื่องของจินตนาการ และการคิดแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์เนื่องจากความเชี่ยวชาญของสมองเพียงซีกใดซีกหนึ่งไม่เพียงพอต่อการประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิตยกตัวอย่างบุคคลที่ได้รับการยอมรับระดับโลก เช่น สตีฟ จอบส์ อัจฉริยะผู้พลิกโลกแห่งวงการไอที ผู้นำธุรกิจและนักประดิษฐ์ชาวอเมริกันที่

สร้างนวัตกรรมใหม่ด้วยความคิดสร้างสรรค์ ล้วนแต่ใช้กระบวนการทำงานร่วมกันของสมองทั้ง 2 ซีก ดังนั้นการเพิ่มศิลปะ (Arts) เข้าไปใน STEM จึงเป็นการสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ และพัฒนาความคิด เชิงพิจารณ์ เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา (University of Florida, 2014) ศิลปะ (Art) จึงเป็นกุญแจดอกสำคัญที่ทำให้ STEM กลายเป็น STEAM ที่สามารถพัฒนานักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงนำทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิดของ STEM และ STEAM เปรียบเทียบให้เห็น ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิด STEM และ STEAM

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

ที่มา : ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. (2557)

การนำแนวคิด STEAM เข้ามาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ สร้างความเข้าใจในกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การวิเคราะห์สาเหตุ การแก้ปัญหา และการหาข้อมูล เพื่อค้นพบข้อสรุปหรือองค์ความรู้ใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้บูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

จากการศึกษาเอกสารพบว่า สตีมศึกษา ประยุกต์มาจาก สะเต็มศึกษา STEAM โดยมีการเพิ่ม A จาก วิชาศิลปะ (Art) เข้ามากลายเป็น STEAM การเพิ่ม A เข้ามาเพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวาโดยการเพิ่มศิลปะ จะช่วยสนับสนุนในเรื่องของจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เน้นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จนเกิดประสบการณ์ นักเรียนได้พัฒนาตนเองเต็มตามความสามารถสอดคล้องกับความถนัด ความสนใจของนักเรียนสืบเสาะแสวงหาความรู้เพื่อสังเคราะห์สร้าง องค์ความรู้ด้วยตัวเอง ผ่านการใช้สื่อ เทคโนโลยีต่างๆ (มัสยา บัวผัน, 2563) ได้ลงมือปฏิบัติ และเป็นผู้มีบทบาทหลักในการดำเนินกิจกรรมการเรียน ผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำและคอยอำนวยความสะดวกเท่านั้น ซึ่งสอดคล้อง กับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)

ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งมีนักวิชาการได้ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Papert (1999) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology, M.I.T) สหรัฐอเมริกา ผู้พัฒนาทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้กล่าวว่า แนวความคิดของทฤษฎีนี้คือ การเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีConstructionism มีเอกลักษณ์อย่างชัดเจน ในด้านการนำ เทคโนโลยี ที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และผลงานต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่เกิดจากการสร้างชิ้นงานจะประกอบด้วย การจัดโอกาสให้กับนักเรียนได้มีส่วนร่วม การเรียนรู้ที่ดีไม่ได้จากการหาวิธีการสอนต่างๆ มาให้ครูแต่มาจากการให้โอกาสตลอดจน การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีกว่าแก่นักเรียนในการสร้างความรู้

ณัชชากัญญ์ วิรัตนชัยวรรณ (2558) ได้กล่าวว่า แนวคิดของทฤษฎี Constructionism คือ การเรียนรู้ที่ดีต้องเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่มีแนวคิดส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจาก

การปฏิบัติในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและเหมาะสม โดยอาศัยสื่อวัสดุ เทคโนโลยี ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีครูเป็นผู้มีหน้าที่เป็นผู้สร้างบรรยากาศ และจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ตลอดจน อำนวยความสะดวก ชี้แนะ ส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการคิดและการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุด

จากการศึกษาเอกสารพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้ลงมือสืบเสาะความรู้จนเกิดประสบการณ์ มีการนำสื่อ วัสดุ หรือเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานของตนเองตามความถนัดและความสนใจ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางครูทำหน้าที่เพียงให้คำแนะนำช่วยเหลือเท่านั้น

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM

นักวิชาการทางการศึกษา กล่าวถึง แนวทางการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ไว้ดังนี้

Henriksen อ้างใน (จารีพร ผลมูล, 2558) กล่าวถึง ในอนาคต STEM กลายเป็นนวัตกรรม เพราะศิลปศาสตร์ (ความคิดเชิงสร้างสรรค์) เป็นพื้นฐานแห่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงทำให้ STEAM เป็นปัจจัยสำคัญ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเห็นได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์โดย ไกเซน (Geisen) จัดกิจกรรมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการใช้รูปภาพ ในการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งมีการตั้งคำถามกลับเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระดม ความคิดเชื่อมโยงความรู้หลายสาขาวิชา จึงนำไปสู่กระบวนการคิดรวบยอดในการค้นหาคำตอบ ซึ่งใน การจัดกิจกรรมนี้ มีการผสมผสานกลวิธีการสอนหลากหลาย โดยใช้ศิลปะศาสตร์บูรณาการร่วมกับ การเรียนวิทยาศาสตร์ เช่นการวาดภาพเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ การแต่งเพลง และวาดภาพ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แสดงบทบาทเป็นตัวละครในเรื่อง เช่น แสดงเป็นสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ นักเรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายไปตามบริบทของตัวละคร จาก การจัดกิจกรรมการบูรณาการแบบ STEAM ดังกล่าว ทำให้นักเรียนตื่นเต้น สนุกสนานและเข้าใจ ทฤษฎีจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรง บันดาลใจให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานด้วยตนเอง

Rufo อ้างใน (จารีพร ผลมูล, 2558) ได้กล่าวถึง ศิลปศาสตร์เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้แบบ STEAM สร้างความตื่นเต้นในการเรียนรู้ ซึ่งเห็นจากการแสดงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

ผ่าน การจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันโดยดำเนินกิจกรรมไปตาม กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. เรียนรู้ขั้นตอนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ปัญหา สมมุติฐานเก็บข้อมูล ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

2. นักเรียนออกแบบและดำเนินการทดลองตามอิสระให้สอดคล้องกับทฤษฎี

3. นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยใช้ศิลปศาสตร์สื่อความหมาย ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันในรูปแบบต่างๆ เช่น การแต่งเพลง ภาพวาด การเต้น บทกวี ประติมากรรมหรือการสาธิต เพื่อ สร้างนวัตกรรมให้น่าสนใจ ตื่นเต้น และบันเทิงให้กับผู้เข้าชม

จารีพร ผลมูล (2558) ได้ให้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ว่า STEAM คือการ การนำศิลปศาสตร์มาผสมผสานในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น โดยครูจะต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพเพื่อสื่อความหมาย การแสดงบทบาท สมมุติ การสร้างบทเรียนผ่านเสียงเพลง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ได้ง่ายขึ้น นำไปสู่การมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี ที่สำคัญมุ่งต้องการให้นักเรียนได้ถ่ายทอดจินตนาการและ ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความภูมิใจในผลงาน และมีเจตคติที่ดีต่อ การเรียนรู้

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้ให้หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEAM มี 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่1 การนำเสนอสภาพปัญหาบริบทเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาใน ปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้นสำหรับในการคิดขั้นต้น

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิด อย่างอิสระโดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญในด้านความคิดสร้างสรรค์การสื่อสารการร่วมมือการแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นซึ่งกันและกันการแก้ปัญหาเริ่มจากนักเรียนตัดสินใจในความเป็นจริงและความจำเป็นของ สถานการณ์นั้นนักเรียนจำเป็นต้องเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสุดท้ายการสร้างความรู้สึกจับใจเป็นการขยายสิ่งที่ค้นพบโดยเน้นเจตคติต่อสิ่งที่ เรียนรู้ผ่านการลงมือทำผ่านประสบการณ์ท่านี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการรับรู้การแสดงออกการ เห็นใจผู้อื่นมีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสาร ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM เป็นการเชื่อมโยงความรู้จากหลากหลายวิชา โดยนำศิลปะเข้ามาผสมผสานในการจัดกิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการถ่ายทอดจินตนาการ ต่อยอดความคิดสร้างสรรค์ สามารถสร้างชิ้นงาน นวัตกรรมด้วยองค์ความรู้ของตนเองอีกทั้งพัฒนากระบวนการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(Starfish Country home School Foundation, 2560) ได้นำแนวคิดสตีมศึกษามาบูรณาการใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนในประเทศไทยได้เข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างเสมอภาคเท่าเทียมกัน การเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ สื่อ วัสดุอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ และทักษะศตวรรษที่ 21 ผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบ STEAM ด้วยการบูรณาการเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

2. การจัดสภาพแวดล้อม

จัดเป็นพื้นที่สร้างสรรค์ (Makerspace) มีการจัดสภาพแวดล้อมบรรยากาศให้เหมาะสมและเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เช่น จัดอุปกรณ์เครื่องมือในการค้นคว้าและประดิษฐ์ผลงาน สื่อเทคโนโลยีในการสืบค้น ตลอดจนผู้มีความรู้ความสามารถ หรือผู้เชี่ยวชาญมาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการทำงาน การสร้างสรรค์ออกแบบสร้างสรรค์ กระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

3. กระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นถาม (Ask) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความท้าทาย ต้องวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัด ของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาให้นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือ วิธีการแก้ปัญหาในลักษณะของคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความท้าทาย กระตุ้นการแก้ปัญหา การเปรียบเทียบ การทำนายเหตุการณ์ในอนาคต

2. ขั้นจินตนาการ (Imagine) นักเรียนเข้าใจปัญหา และต้องไปสืบเสาะ ข้อมูลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี และข้อเสีย ข้อจำกัดต่างๆที่มีอยู่

3. ขั้นวางแผน (Plan) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบชิ้นงานโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. ขั้นสร้างสรรค์ (Create) นักเรียนลำดับขั้นตอนและวิธีการสร้างชิ้นงาน การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา

5. ขั้นคิดสะท้อนและออกแบบใหม่ (Reflect & Redesign) นักเรียนทำการทดสอบ และประเมินการใช้งานของชิ้นงานเพื่อนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงและพัฒนาให้มี ประสิทธิภาพในการแค้ปัญหาให้เหมาะสมที่สุด

Starfish (2560) ได้นำเสนอการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมไว้ว่า สตีมเป็นแนวคิดที่ต้องการพัฒนาศักยภาพนักเรียนผ่านการเรียนรู้แบบได้ลงมือปฏิบัติจริง เนื่องจากเป็นเรียนรู้แบบบูรณาการ หลายสาขาวิชาจึงได้เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำกิจกรรมตามความถนัดและความสนใจโดยเริ่มต้นจาก เรื่องที่อยู่ใกล้ตัวเพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ปัญหา และง่ายต่อการเชื่อมโยงบริบทกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้จริงเนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางครูจึงมีหน้าที่เพียงคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ซึ่งในการดำเนินกิจกรรมแบบสตีม ครูและนักเรียนจะมีบทบาทหน้าที่แตกต่างกันดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 บทบาทของครูและนักเรียนในการดำเนินกิจกรรมแบบสตีม

บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
- เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ตามความสนใจผ่านการค้นคว้า ออกแบบ วางแผน แลกเปลี่ยน แบ่งปันความคิด สร้าง พัฒนา และแก้ไขผลงาน - จัดสภาพแวดล้อมในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม และปลอดภัยในการใช้งาน - กระตุ้นการเรียนรู้ด้วยการตั้งคำถาม หรือกำหนดสถานการณ์ที่ชวนคิดเพื่อก่อให้เกิดการคิด การวิเคราะห์ และหาคำตอบนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ - สร้างความมั่นใจในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนในการตรวจสอบ จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดี - ช่วยสร้างสำนึกของความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น - ประเมินและเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนและให้ข้อมูลย้อนกลับ	- ค้นคว้าและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ - ทำงานร่วมกันและช่วยเหลือกัน - แบ่งปันเครื่องมือและวัสดุ - รักษาความสะอาดเรียบร้อย - เก็บเครื่องมือและวัสดุให้เรียบร้อยในสภาพเดิม

ที่มา : Starfish Country home School Foundation (2560)

2.5 รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวถึง รูปแบบการเรียนรู้ ไว้ว่า คือ สภาพหรือลักษณะของการจัดการ เรียนรู้ที่สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่างๆ โดยอาศัยวิธีและเทคนิคการเรียนรู้ เข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ และได้รับการพิสูจน์และทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพ สามารถนำมาใช้เป็นแบบแผนในการจัดกิการเรียนรู้เพื่อช่วยพัฒนานักเรียนได้ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ควบคู่กับการจัดสอนตามแนวคิดสตีมศึกษาได้นั้นมีหลายรูปแบบซึ่งมีนักการศึกษาได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษา ในรูปแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยขอนำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษาที่มีนักการศึกษานิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ 5 รูปแบบ Ministry of Education Korea, 2016; Yakman & Hyonyong 2012 อ้างถึงใน (นิภาพร ช่วยธานี, 2562) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยนำปัญหามากระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความท้าทายทางความคิดคิด และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ให้สามารถบรรลุตามเป้าหมายที่ครูกำหนดให้ ซึ่งครูอาจนำนักเรียนไปเผชิญปัญหาจริง หรือระบุสถานการณ์ที่จะช่วยพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหา (ทิศนา แขมมณี, 2551) ซึ่งมีกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ครูกำหนดสถานการณ์หรือยกปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องหรือใกล้ตัวนักเรียนขึ้นมาโดยให้นักเรียนได้สืบเสาะโดยใช้สื่อต่างๆ เช่น รูปภาพ วิดีโอ และให้นักเรียน ศึกษาและแสดงความคิดเห็นถึงปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 ครูจัดกลุ่มย่อยให้นักเรียนได้ศึกษา สำรวจปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา หรือปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดปัญหา

ขั้นที่ 3 นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 4 นักเรียนสรุปและเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

Lou, Shih, Diez, และ Tseng (2011) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็ม และนอกจากนี้ใช้ STEM internet platform ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแบ่งปันความรู้ ข้อมูล เพื่อนำความรู้ทางสะเต็มไปใช้แก้ปัญหา เพื่อออกแบบและประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อดูข้อมูลทางทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ที่เกิดจากการตอบโต้ของนักเรียนออนไลน์ ใน การบูรณาการความรู้

ทางสะเต็มของผู้เรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาในประเทศไต้หวันในการร่วมกัน หาวิธีการแก้ปัญหาแข่งขันประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่ง platform ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ยืนยันปัญหา (Confirm Problem) มีการถามผู้เรียนเพื่อยืนยันและอธิบายผ่านการอภิปรายคำถามสำคัญ ที่เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์

ขั้นที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา (Clarify Problem) หรือการระบุปัญหา ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของปัญหาและการอธิบายวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรก ให้ผู้เรียนมีการแก้ปัญหาเหล่านั้นผ่านการอภิปรายเพื่อที่จะระบุความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวางแผน (Planning) ประกอบด้วย แนวทางในการวางแผนประกอบด้วยกรอบการทำงานและหน้าที่ของชิ้นงาน และการพิจารณาขั้นตอนการประดิษฐ์และปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 การทดลอง (Contingency Plan) มีคำถามให้ผู้เรียนอธิบาย แผนการทดลองและขั้นตอนที่พวกเขาจะใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน (Realize Planning) นำมาซึ่งการสรุปรูปแบบ ตอนต้นตามที่ได้ร่างแผนการทดลอง และต้องมีการแนะนำรายละเอียดและอธิบายลักษณะของ โมเดลหลังจากเสร็จสิ้นตามแผนการทดลอง และจำเป็นต้องมีการแนะนำรายละเอียดของรูปแบบ

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Assessment) รูปแบบตอนต้นเสร็จสมบูรณ์ นำไปสู่ขั้นตอนการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายถึงขั้นตอนและสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จาก การทดสอบและการปรับปรุงแก้ไขซึ่งจากผลการศึกษาของ (Lou และคนอื่น ๆ, 2011) โดยการนำรูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้เพื่อพัฒนาความสามารถนักเรียนในการบูรณาการความรู้ พบว่า ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง แต่ความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังมีน้อย เนื่องจากขาดเทคนิคการประกอบชิ้นส่วน และดูจากการอภิปรายพบว่านักเรียนใช้พื้นที่ของSTEM Platform ในส่วนของความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีการพูดคุยอภิปรายมากกว่าด้าน ทางวิทยาศาสตร์และทางคณิตศาสตร์

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนทำโครงงานตามความสนใจ ให้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มจนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ มีการลำดับกระบวนการจัดทำโครงงาน และผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมต้องเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรม นักเรียนต้องใช้ทักษะของตนที่มีอยู่ทำในสิ่งที่สนใจ ศึกษา

ค้นคว้าข้อมูล และลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้คำตอบ (นุชนภา ราชนิยมมช, 2558) ซึ่งในการสอนแบบ PBL มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดหัวข้อโครงงาน ตามความสนใจของตนเอง

ขั้นที่ 2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 เขียนชื่อโครงงาน

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติหรือลงมือทำโครงงาน

ขั้นที่ 5 เขียนรายงาน

ขั้นที่ 6 แสดงผลงานและสรุปผลของโครงงาน

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน (Team-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน เน้นการเรียนรู้ในเชิงลึกและเกิดการคิดเชิงวิพากษ์ไปพร้อมๆ กับเสริมทักษะ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ความกล้าแสดงออก และการสื่อสารของนักเรียนให้ดีขึ้น ซึ่งการสอนแบบ TBL มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งหัวข้อเพื่อให้นักเรียนเตรียมคำถามในการแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์

ขั้นที่ 2 ชี้แจง รายละเอียดการเรียนและมอบหมายงาน

ขั้นที่ 3 ทำแบบทดสอบ RAT เป็นการทดสอบความรู้จากการอ่าน ก่อนการเข้าชั้นเรียน สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแสดงเหตุผลของแต่ละคนว่าทำไมถึงเลือก คำตอบนั้น

ขั้นที่ 4 เปิดโอกาสและให้อภิปราย นักเรียนยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ให้ผล สะท้อนกลับ เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงการเรียนรู้ การนำเนื้อหาจากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ และเห็นคุณค่าความสำคัญของการทำงานเป็นทีม Burn (2003) Michaelsen, Knight, และ Fink (2004)

4. การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-based Learning) เป็นการสอนโดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสังเกต การตั้งคำถามคำถาม เกิดการคิด และลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบและสรุปองค์ความรู้ ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่างๆ เช่น การเตรียมเอกสาร วัสดุ สื่อ การให้คำปรึกษาแนะนำเป็นต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546a) ได้นำวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสตีม ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนหรือเกิดจากอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจจะมาจากเหตุการณ์ในข่วงนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่มีการวางแผนกำหนดแนวทาง ในการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูล จากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นการนำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สร้างแบบจำลองหรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวกับประเด็นที่ตั้งไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และ ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยง กับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องอื่นได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ทักษะกระบวนการที่ นักเรียนได้รับและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

5. การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาแบบ 6E Learning เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้ เน้นให้ผู้เรียนนำความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน Dejarnette, 2012 อ้างใน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) รูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E Learning ได้ถูกปรับปรุงพัฒนาขึ้นจาก การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
หรือ 5E Instructional model ของ (Bybee, 1997) ซึ่งมีจุดเด่นคือ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทาง

วิศวกรรม (Engineering design) โดยการเพิ่มขั้นวิศวกรรม (Engineer) และขั้นปรับปรุง (Enrich) เข้าไปทดแทนขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบหาความรู้ (5E) ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาแบบ 6E Learning มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน (Burke, 2014)

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 8 รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา				
การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E
1. ยืนยันปัญหา 2. ทำความเข้าใจ 3. วางแผน 4. ทดลอง 5. ปรับปรุงแผน 6. ประเมินผล	1. คิดหัวข้องาน 2. ศึกษาเอกสาร 3. ตั้งชื่องาน 4. ลงมือทำ 5. เขียนรายงาน 6. สรุปผลงาน	1. แบ่งหัวข้อ 2. ชี้แจงรายละเอียด 3. ทดสอบ RAT 4. อภิปราย 5. สะท้อนผล	1. สร้างความสนใจ 2. สำรวจและค้นหา 3. อธิบายและสรุป 4. ขยายความรู้ 5. ประเมิน	1. สร้างความสนใจ 2. การสำรวจ 3. อธิบาย 4. วิศวกกรม 5. ปรับปรุง 6. ประเมินผล

จากการศึกษาเอกสารพบว่ารูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษามีได้หลายรูปแบบแต่รูปแบบที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการศึกษามีทั้งหมด 5 รูปแบบประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายการคิดของนักเรียนโดยนำปัญหามาใช้เป็นสิ่งกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดออกแบบ หาวิธีการแก้ไขปัญหาและได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียนทำโครงงานตามความสนใจมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น นิยมจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำงานกลุ่ม และต้องมีผลงานที่เป็นรูปธรรมเกิดขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน (Team-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-based Learning) เป็นการสอนโดย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนได้ลงมือสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering) เข้ากับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E เพื่อส่งเสริมการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลิตนวัตกรรมที่นำมาใช้แก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวันในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษาคือ รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ของ (Burke, 2014) ซึ่งมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช่เรื่องใกล้ตัว หรือเรื่องที่นักเรียนให้ความสนใจเพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 การสำรวจ นักเรียนสืบเสาะแสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยการอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม นำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำใช้งานของชิ้นงานเพื่อค้นหาและแก้ไขพัฒนา

ขั้นที่ 6 ประเมินผล มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

2.6 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design)

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION) นั้นพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E เกิดจาก (Burke, 2014) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ของ (Bybee, 1997) มาปรับปรุง พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E (The 6E Learning by Design) รูปแบบการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะ ส่งเสริมความสามารถด้านการออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงานมีการเพิ่มขั้นตอน ENGINEER หรือ การออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนได้มีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือ สร้างชิ้นงานในฐานะนักวิศวกรอย่างแท้จริง ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Love และ Deck, 2015) ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการจัดกิจกรรมหรือให้สถานการณ์ที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่ กำลังเกิดขึ้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้วเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจ ก่อนเรียน และทบทวนความรู้เดิม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนทำความเข้าใจ ในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ ร่วมกันสร้างและพัฒนาแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เวลาและให้โอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแค่ละคน ร่วมกันอภิปรายในกลุ่มและในชั้นเรียนเน้นการทำงานเป็นทีม โดยครูทำหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกให้แนวทางแก่ผู้เรียน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนมีโอกาสใน การอธิบายแนวความคิดจากการสำรวจและค้นหา ตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้ ปรับปรุงและจัดลำดับ เชื่อมต่อความคิด

4. ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียน พัฒนาความรู้ความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับประเด็นปัญหา โดยการใช้แนวคิดการปฏิบัติและทัศนคติไปประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สร้างประเมินและปรับปรุงองค์ประกอบสำคัญใน ขั้นตอนนี้ คือ การออกแบบที่เพิ่มการบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการลงมือปฏิบัติตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม

5. ขั้นปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนมีโอกาสในการ ค้นคว้าข้อมูลเชิงลึกยิ่งขึ้น ในสิ่งที่พวกเขาได้เรียนรู้และเพื่อถ่ายโอนแนวความคิดไปสู่ปัญหาที่ ซับซ้อนยิ่งขึ้น หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือสถานการณ์ใหม่ที่ครูเตรียมไว้

6. ขั้นประเมิน (Evaluate) เป็นขั้นตอนที่ทั้งครูและผู้เรียนร่วมกันตรวจสอบวิธีการเรียนรู้และความเข้าใจที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มและการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารพบว่าการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและทบทวนความรู้เดิม 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้อธิบายและเชื่อมโยงความรู้จากขั้นสำรวจและค้นหา 4. ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้มาบูรณาการเพื่อสร้างสรรค์ออกมาเป็นชิ้นงาน 5. ขั้นปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ตรวจสอบวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยและแก้ไขปัญหาของชิ้นงาน 6. ขั้นประเมิน (Evaluate) เป็นขั้นที่ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินตรวจสอบความรู้ความเข้าใจจากการเรียน

2.7 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์(Creative thinking) เป็นความสามารถทางการคิดอย่างหนึ่งของ สมองมนุษย์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีอยู่ในตัวบุคคลทุกคนอาจจะมีมากหรือน้อยแตกต่างกันไปมีนักจิตวิทยา และนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

อับดุลยามีน หะยีขาเดร (2560) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลที่คิดหลากหลายทิศทาง หลายแง่มุม โดยนำประสบการณ์ที่ผ่านมาของตนเองมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่ที่ไม่ เคยมีมาก่อน

ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้น ต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูก วิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระทางความคิด

ดนชนก เบื่อน้อย (2559) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า คือ การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและพัฒนาสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่แล้ว ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเพิ่มศักยภาพในด้านความคิดให้กับมนุษย์และผลของการผลักดันนี้จะต่อยอด ทำให้เกิดนวัตกรรมด้านต่างๆ (Innovation) สำหรับในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า นวัตกรรมมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างขีด ความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

กรมวิชาการ (2539) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดความคิดใหม่ต่อ เนื่องกัน ไปและความคิดสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วยความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

Guilford (1947) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นความสามารถทางสมอง ในการที่จะคิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือที่เรียกว่าคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) ซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์แปลกใหม่รวมถึงการคิดค้นพบ วิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จอีกด้วย และความคิดสร้างสรรค์นี้จะประกอบด้วยความคล่องในการคิด (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดแปลกใหม่ (Originality) คนที่มีลักษณะ ดังกล่าวจะต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์และมีอิสระในการคิด

E. Torrance และ Talent (1962) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์คือ ปรากฏการณ์ที่ เกิดขึ้นได้โดยไม่มีขอบเขตจำกัด แต่ละบุคคลสามารถมีความคิดสร้างสรรค์ในหลายแบบและผลของความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นนั้นมีมากมายไม่มีข้อจำกัดเช่นกัน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การค้นพบความรู้รวมทั้ง การประดิษฐ์คิดค้นชิ้นงานใหม่ โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

อับดุลยามีน หะยีขาเดร (2560) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิต แนวทาง หรือวิธีการใหม่ ๆ ได้หลายวิธีที่จะช่วยในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พิมพ์ชนก แพงไตร (2558) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการแสดงความสามารถในด้านการคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น และการคิดริเริ่ม โดยการนำเอาความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์ (2539) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่พบโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลที่แสดงออกได้หลายมิติ แต่โดยทั่วไปมักวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

Piltz และ Sund (1968) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการของความคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา รวมทั้งค้นหาวิธีแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะมุ่งเน้นไปที่ความคิดริเริ่ม เพื่อให้เกิดชิ้นงานใหม่แล้ว ยังคำนึงถึงคุณค่าของงานอีกด้วย ทั้งนี้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องประกอบด้วย ความคิดริเริ่มหรือความใหม่ (Originality) และลีลาและความงดงาม (Esthertics)

จากผลการศึกษาเอกสารพบว่า ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความหมายใกล้เคียงความคิดสร้างสรรค์ ในส่วนที่เป็นกระบวนการคิด และเป็นการกระทำที่ให้เกิดผลผลิตต่างๆ แต่จะมีลักษณะพิเศษตรงที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหา และการค้นหาความรู้ใหม่ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชี้ให้เห็นถึงลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ด้านได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ซึ่งลักษณะความคิดเหล่านี้มีความสอดคล้องกับลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป Piltz และ Sund (1968) ได้อธิบายความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับความคิด สร้างสรรค์ทั่วไปว่ามีความคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันในข้อปลีกย่อยที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์นั้นเป็นแนวทางของการคิดและการกระทำของบุคคลในการ

เรียนรู้การแก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นหลักการ และความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตที่ได้จะต้องสื่อถึงความคิดริเริ่ม และคุณค่าของผลงาน ดังนั้นการตัดสินใจว่าสิ่งใดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นั้นมีสิ่งจำเป็น 2 ประการเกิดขึ้นพร้อมกันคือ ความคิดริเริ่มหรือความใหม่ และความมีศิลป์ มีลีลาที่งดงาม สอดคล้องกับ Albert (1995) และ Feldman (1986) ที่ได้กล่าวว่า ถึงแม้ความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีความแตกต่างกันออกไป แต่ทั้ง 2 ส่วนนี้ มีความสอดคล้องคล้ายคลึงกันในด้านลักษณะเฉพาะของความคิดสร้างสรรค์ Guilford นักจิตวิทยาชาวอเมริกาได้กล่าวถึงองค์ประกอบหรือลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยการคิด 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความละเอียดลออ (Elaboration) ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดของ Guilford และคำอธิบายลักษณะเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ โดยกรมวิชาการ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2534) ทำให้สามารถอธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้านได้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างจากความคิดธรรมดาแบบเดิม ความคิดริเริ่มสร้างสิ่งใหม่จากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่แตกต่างจากที่เดิม หรือความสามารถในการพลิกแพลงจากสิ่งที่ไม่เคยคาดคิดให้สามาถนำมาใช้ได้จริง ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรับปรุงผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ หรืออาจจะเป็นความคิดใหม่ครั้งแรกที่เกิดขึ้นได้เองโดยไม่มีผู้สอนแม้ว่าความคิดดังกล่าวจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม ความคิดริเริ่มสามารถแบ่งได้เป็นหลายระดับ และจำเป็นต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าทำ เพื่อทดสอบความคิดของตน อีกทั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการ พฤติกรรมของบุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จึงมักเป็นบุคคลที่ กล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าคิดนอกกรอบ เป็นบุคคลที่มีความเชื่อมั่น และเอกลักษณ์เป็นของตนเอง รู้สึกท้าทายกับปัญหา และตื่นเต้นที่จะเผชิญกับสิ่งใหม่ๆ

2. ความคล่องในการคิด หมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถ ในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกัน หรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดประโยชน์ของกล่องแผ่นไม้ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดให้ความคิดคล่องแคล่วมีส่วนสำคัญในการแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะต้องค้นหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลายๆวิธี และต้องนำวิธีเหล่านั้นทดสอบจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ เปรียบเสมือนการที่นักเรียนได้เลือกคำตอบ หรือเลือกวิธีที่ดีที่สุดแล้ว ยังช่วยจัดหาทางเลือกอื่นๆ ที่อาจเป็นไปได้ให้อีกด้วย เช่น ในการคิดแก้ปัญหาเรามักจะหาวิธีมาแก้หลายๆวิธี เช่น ถ้าวิธีที่ 1 ไม่สามารถแก้ไขได้ ก็อาจนำวิธีที่ 2 มาทดลองใช้ หรือวิธีที่ 3 ก็ยังเป็นที่น่าสนใจถ้าวิธีที่ 2 ไม่สามารถแก้ไขได้เหล่านี้เป็นต้น ความคิดคล่องแคล่วนอกจากช่วยให้มีข้อมูลมากพอในการเลือกสรร แล้วยังมีช่องทางอื่นที่เป็นไปได้ให้เลือกด้วย จึงนับได้ว่าความคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถ เบื้องต้นที่จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์

3. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

3.1 ความยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นได้ทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่พยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ โดยไม่มีข้อกำหนด ข้อบังคับต่างๆ เช่น คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ว่ามีอะไรบ้าง ซึ่งความคิดยืดหยุ่นที่เกิดได้ทันทีมักจะสามารถคิดได้หลายทิศทาง เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ เพื่อการประชาสัมพันธ์ขอความร่วมมือ ฯลฯ ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้เพียงทิศทางเดียวคือเพื่อรู้ข่าวสาร เป็นต้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) หมายถึงความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ ตัวอย่างเช่น ใน เวลา 10 นาที ท่านลองคิดว่าท่านสามารถใช้หวายไปประดิษฐ์เป็นสิ่งใดได้อะไรได้บ้าง คำตอบก็อาจจะเป็นกระบุง กระจาด ตะกร้า กล่องดินสอ เปล เตียงนอน กรอบรูป โต๊ะกินข้าว เก้าอี้ ชะลอมใส่ของ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าความคิดยืดหยุ่นจะเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่วมีความแปลกแตกต่างออกไป หลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนหรือเพิ่มคุณภาพความคิดให้มากขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ คือความคิดในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลัก ให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออจะทำให้สามารถอธิบายให้เห็นได้ภาพชัดเจน หรือ

เป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้นความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งขยายความคิดครั้งแรกให้ถูกต้อง สมบูรณ์มากขึ้น และหากนำความคิดนั้นไปปฏิบัติก็มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะประสบความสำเร็จ

E. P. Torrance (1964) ได้นำเสนอองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1. ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว คล่องแคล่ว สามารถหาคำตอบในปริมาณมากในเวลาที่จำกัด

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ลักษณะของการคิดแบบอิสระ คิดได้หลากหลาย

3. การคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่าง จากความคิดธรรมดา และไม่ซ้ำกับที่มีอยู่

อารี พันธ์มณี (2537) ได้อธิบายเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือลักษณะการคิดแบบอเนกนัย ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความแบบเดิมหรือความธรรมดา ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

2. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึงปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในปัญหาข้อเดียวกันหรือเรื่องเดียวกัน

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึงประเภทหรือแบบของความคิดแบ่งออกเป็นความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) คือความสามารถในการคิดได้ หลายประเภทอย่างอิสระและความคิดยืดหยุ่นในการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) คือ ความสามารถที่คิดได้ไม่ซ้ำกัน หรือคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึงความคิดที่เป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนอย่างละเอียด มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจัดเป็นความคิดที่มีความสำคัญต่อการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่

จากผลการศึกษาเอกสารพบว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ด้านได้แก่

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบจำนวนมากได้ภายในระยะเวลาจำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดอย่างอิสระ คิดจัดจำแนกอย่างหลากหลาย

3. การคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดแปลกใหม่ ที่ไม่ซ้ำกับความคิดธรรมดาทั่วไป

แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้มากมายเช่น

ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์ (2539) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. มีการเสริมแรงด้วยการยกย่อง หรือแสดงความยินดีตามความเหมาะสม ในทุกโอกาสที่บุคคลแสดงออกว่ามีความคิดหรือกระทำที่สร้างสรรค์ในทางวิทยาศาสตร์

2. กระตุ้นให้บุคคลแสดงออก ซึ่งจินตนาการในทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการคิดแบบอเนกนัยผ่านกิจกรรมต่างๆ เช่น การเล่น การตอบคำถาม การสังเกต การสัมผัส หรือ สำรวจสิ่งแวดล้อมที่มีความหลากหลาย

3. มีการยอมรับซึ่งการแสดงออกและผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะแปลกประหลาด ของบุคคลและ ให้การยอมรับผลงานดังกล่าวด้วยความจริงใจ

4. ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแปลกๆ อย่างตรงไปตรงมาด้วยความตั้งใจ ให้บรรยากาศอบอุ่นและเป็นกันเอง

5. ให้กำลังใจและช่วยเหลือ แนะนำในทุกโอกาสที่บุคคลยังไม่ประสบความสำเร็จหรือยังล้มเหลวในการคิด การแสดงออกและการกระทำเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

6. ให้โอกาสสูงสุดแก่บุคคลที่มีวุฒิภาวะทางความคิดต่ำกว่าได้มีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการในกิจกรรมต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมเสมอภาค

7. ให้โอกาสบุคคลได้มีโอกาสเรียนรู้เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสำรวจ การอ่าน การทัศนศึกษา รวมทั้งให้มีโอกาสถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิดกับบุคคลอื่น

อุษณีย์ โพธิสุข (2537) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูผู้สอนควรจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. เน้นการเรียนรู้ที่เพิ่มทักษะความคิดด้านต่าง ๆ เช่น ความคิดจินตนาการ ความคิดเอกนัย ความคิดวิจารณญาณ ความคิดวิเคราะห์ ความคิด สังเคราะห์ ความคิดแปลกใหม่ ความคิดหลากหลาย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดเห็นที่ แตกต่างจากการประเมินผล

2. ผลิตผล หรือชิ้นงานเป็นสิ่งที่ชี้ให้สะท้อนการคิดของนักเรียน เช่น วิธีคิด ประสิทธิภาพทางความคิด การนำความรู้ไปสู่การนำไปใช้ พิจารณาเกณฑ์ของผลผลิตนั้นอย่างไร ควรจะกำหนดให้นักเรียนกำหนดของการทำงานรู้จักประเมินการทำงานของตนเองอย่างใช้เหตุผล มีความพยายามและสามารถนำไปปรับใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

3. องค์ความรู้พื้นฐาน เป็นการให้โอกาสนักเรียนได้รับความรู้ผ่านสื่อและ ได้ใช้ทักษะหลายด้าน โดยใช้ประสาทสัมผัสหรือความรู้ที่มาจากประสบการณ์ที่หลากหลายและมีแหล่งข้อมูลที่ต่างกันทั้งจากหนังสือ ผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบด้วยตนเองและสิ่งที่สำคัญ คือ ให้เด็กได้สร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง

4. สิ่งที่ท้าทาย การหางานที่สร้างสรรค์และมีมาตรฐานให้นักเรียนได้ทำ

5. บรรยากาศในชั้นเรียน การให้อิสระทางการแสดงออก เคารพความคิดเห็นของนักเรียน ให้นักเรียนเกิดความมั่นใจว่าจะไม่ถูกลงโทษหากมีความคิดที่ขัดแย้งจากครู หรือคิดว่าคำตอบของครูไม่ถูกต้อง ยอมให้นักเรียนล้มเหลวหรือผิดพลาด (โดยไม่เกิดอันตราย) แต่ต้องฝึกให้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่ผ่านมา

6. ตัวนักเรียน การสนับสนุนให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ความเคารพตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ อยู่เสมอ

7. การใช้คำถาม สนับสนุนให้เด็กถามคำถามของเขาหรือครูผู้สอนใช้ คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนคิด

8. การประเมินผล ใช้การประเมินที่หลากหลายวิธี และเลี่ยงการประเมินที่ซ้ำซากหรือเป็นทางการอยู่ ตลอดเวลา สนับสนุนให้เด็กประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองและประเมินร่วมกับครู

9. การสอนและการจัดหลักสูตร การผสมผสานกับวิชาการต่าง ๆ เพราะสามารถใช้ได้กับทุกวิชา ลองให้นักเรียนได้เรียนรู้ในสิ่งที่ไม่มีคำตอบที่ดีที่สุด หรือคำตอบ ที่ตายแล้วคำตอบที่คลุมเครือหรือเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ๆ ครูเป็นผู้ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือเด็กไม่ใช่เป็นผู้สั่งการ

10. การจัดระบบในชั้นเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้น ปรับระบบตารางเรียนให้ยืดหยุ่นเพื่อตอบสนองความต้องการและความสามารถที่หลากหลาย จัดกลุ่มการสอนหลาย ๆ แบบ เช่น จับคู่ กลุ่มเล็ก กลุ่มใหญ่ และสอนแบบเดี่ยว เพื่อลดความเบื่อหน่าย

นอกจากนี้ ควรจัดห้องเรียนให้แตกต่างกันไปในแต่ละเวลา สถานที่ เช่นการสลับที่นั่งในห้องเรียน การจัดรูปแบบโต๊ะเรียน การทำกิจกรรมภายในนอกเรียน การทำกิจกรรมภายนอกห้องเรียน เป็นต้น

กัมปนาท วัชรธนาคม 2534 อ้างถึงใน (อับดุลยามีน หะยีขาเดร, 2560) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ให้การยอมรับผลงานที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
2. สนับสนุนแนวความคิดแปลกใหม่
3. สนับสนุนให้นักเรียนได้ชมการสาธิตและได้ทำการทดลองด้วยตนเอง
4. กำหนดให้นักเรียนทำงานในลักษณะที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์
5. สนับสนุนงานโครงการหรืองานวิจัยที่มีลักษณะที่เป็นความคิดสร้างสรรค์
6. จัดการเรียนการสอนที่เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้
7. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกการใช้ความคิด จากภาพปริศนาทางวิทยาศาสตร์
8. ผู้สอนจะต้องคิดสร้างสรรค์วิธีการสอนด้วยตนเอง
9. เปิดโอกาสให้นักเรียนเริ่มและรับผิดชอบในการพิจารณาหัวข้อการเรียนที่นักเรียนสนใจและปรารถนาที่จะเรียน
10. ไม่เน้นงานที่เป็นทีมมากเกินไป
11. สนับสนุนการผลิตหรือการปรับปรุงเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
12. แสดงผลงานที่มีลักษณะสร้างสรรค์ ซึ่งผลิตโดยนักเรียนอื่นให้นักเรียนในชั้นได้รับทราบ
13. ส่งเสริมการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์หลาย ๆ รูปแบบ เช่นการทดลอง ศิลปะ และการประพันธ์ เป็นต้น
14. ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ การคิดค้น และการประดิษฐ์สิ่งใหม่

จากการศึกษาเอกสารพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ต้องคำนึงถึงกระบวนการคิดของนักเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม และสนับสนุนให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ จัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความเหมาะสม ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิดกล้าแสดงออก สร้างผลงานจากความคิดของตนเอง มีความมั่นใจ และตระหนักถึงคุณค่าของตนเอง มีการเสริมแรงทางบวก เน้นการประเมินผลที่มีความหลากหลายโดยยึดนักเรียนเป็นสำคัญ

การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคลเช่นเดียวกับความคิดด้านอื่นๆ สามารถวัดและประเมินผลได้ ซึ่งวิธีการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับความนิยมใช้กันมี 3 วิธี (กรมวิชาการ, 2539) คือ

1. การสังเกตพฤติกรรม การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ การสังเกตพฤติกรรมแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน ทั้งนี้อาจสังเกตจากความคิดหรือจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่างๆ การให้อธิบายลักษณะหรือบรรยายสิ่งต่างๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ๆ โดย นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้เกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ เสนอความคิดใหม่ๆ อย่างมั่นใจ กล้าแสดงออก

2. การตรวจคุณภาพของผลงาน การตรวจสอบคุณภาพของผลงานเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะ พิจารณาจากคุณภาพของผลงาน หรือชิ้นงานที่นักเรียนจัดทำขึ้นทั้งนี้ควรพิจารณาจากผลงานหลายๆ ชิ้น ต่อเนื่องกัน หรือพิจารณาจากงานในแฟ้มสะสมงาน ตลอดภาคเรียนก็จะทำให้ให้การประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีความเที่ยงตรง และเกิดความเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของผลงานนี้จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ชัดเจนโดยอาจใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (rubric) และหากมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คนก็จะยิ่งมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

3. การใช้แบบทดสอบเพื่อการวัดความคิดสร้างสรรค์นั้น แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ ซึ่ง สมศักดิ์ ภู่วิดาวรรธน์ (2537) ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดสติปัญญากับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ว่าแบบทดสอบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา ดังนั้นจึงมีคำตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลก ไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลายๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้ จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน Torrance ,1969 (อ้างถึงใน กมล ชูสมัย, 2528) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ส่วนมากจะพิจารณาถึงด้านผลผลิตมากกว่ากระบวนการ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับความเชื่อถือและจะถูกนำมาใช้อ้างอิงหรือดัดแปลงเพื่อใช้กับนักเรียนมี 2 กลุ่ม คือ

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด Guilford อ้างถึงในสมศักดิ์ ภู่วิดาวรรธน์ (2537) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด จำนวน 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และด้านโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาหรือระดับที่สูงกว่า มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด (Guilford)

แบบทดสอบ	**ข้อคำถาม**
1. แบบทดสอบด้านภาษาเขียน (7 ฉบับ)	- ฉบับที่1 ความคล่องแคล่วในการใช้สัญลักษณ์ (DSU) เช่น ให้เขียนที่ประกอบด้วยอักษรที่กำหนดให้ - ฉบับที่2 ความคล่องแคล่วทางความคิด (DMU) เช่น ให้ เขียนชื่อสิ่งของพวกเดียวกันของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง - ฉบับที่3ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (DMR) เช่น ให้ เขียนที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน - ฉบับที่ 4ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (DMS) เช่น เขียนประโยคประกอบ 4 ในแต่ละให้เริ่มต้นด้วย อักษรที่กำหนดให้ - ฉบับที่5 การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (DMT) เช่น ผ้าขาว มักใช้อะไรได้บ้าง - ฉบับที่6 การสรุปผล (DBI, DBC) เช่น ถ้าคนไม่พูดจะ เกิดอะไรได้บ้าง - ฉบับที่7 ประเภทงานอาชีพ (DMI) เช่น บอกชื่อของงาน อาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับที่กำหนดให้ เช่น วิศวรรมไฟฟ้า เจ้าของหอดไฟฟ้า เป็นต้น

ตารางที่ 9 ทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด (Guilford) (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อคำถาม
2. แบบทดสอบด้านรูปภาพ (3 ฉบับ)	- ฉบับที่ 8 การวาดรูป (DFS) เช่น ให้วาดรูปสิ่งของ เฉพาะโดยใช้เซตของรูปที่กำหนดให้ เช่น รูปสี่เหลี่ยม โดยวาดซ้ำได้ เปลี่ยนขนาดได้ แต่ห้ามนำอย่างอื่นมา หรือเพิ่มเข้ามา - ฉบับที่ 9 การวาดรูป (DFU) เช่น ให้ต่อเติมเป็นรูปให้ สมบูรณ์ - ฉบับที่10 การตกแต่ง (DFI) เช่น ให้ตกแต่งภาพที่ร่าง เอาไว้ด้วยแบบที่แตกต่างกันหลาย ๆ แบบ
3. แบบทดสอบด้านโจทย์ปัญหา (1 ฉบับ)	- ฉบับที่11 การแก้ปัญหา (DFE) เช่น แก้ปัญหาไม้ขีดไฟ โดยการย้ายออกหรือย้ายให้มีรูปร่างใหม่

เนื่องจาก Guilford เป็นนักจิตวิทยากลุ่มจิตมิติที่มุ่งเน้นอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาว่าความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญามิติใดบ้าง มากกว่าการ พยายามอธิบายการเกิดและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่ทฤษฎีนี้ก็เป็นแนวทางให้ทอแรนซ์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาในลักษณะที่เป็นการสร้างแบบวัด ชุดการสอน ที่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมจริงได้

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ Torrance (Anastasi, 1988: 355-370) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีชื่อว่า MTCT (Minnesota test of creative thinking) ต่อมาใช้ชื่อว่า TTCT (Torrance test of creative thinking) ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุโดยแบบทดสอบฉบับดังกล่าวจะแบ่ง ออกเป็น 3 ฉบับย่อย ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance)

แบบทดสอบ	**ข้อคำถาม**
1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ มี 7 กิจกรรม	1. เขียนทุกถามที่เขาจำเป็นต้องถามเพื่อค้นหาว่าเกิดอะไรขึ้น 2. เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 3. เขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ 4. เขียนวิธีการปรับปรุงเครื่องเล่นเพื่อให้เด็กได้เล่นอย่าง สนุกสนานยิ่งขึ้น 5. เขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้เช่นเดียวกับแบบทดสอบการใช้ประโยชน์ของกิลฟอร์ด 6. เขียนถามทั้งหมดที่อาจถามเกี่ยวกับสิ่งของสิ่งเดียวกัน 7. เขียนเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ถ้าสภาพการณ์ ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริงเช่นเดียวกับแบบทดสอบการสรุปผลลัพธ์ของกิลฟอร์ด
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ มี 3 กิจกรรม	1. การสร้างรูปภาพให้ผู้สอบลอกกระดาษสี แล้วติดลง บนแผ่นกระดาษใหม่ วาดภาพเพิ่มเติมให้เป็นภาพที่ไม่มี ใครนึกถึง เสร็จแล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องที่น่าสนใจตื่นเต้น 2. การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ เป็นการต่อเส้นให้กับรูปที่ไม่ สมบูรณ์หรืออาจเพิ่มเติมเป็นรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึง เสร็จ แล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องในแต่ละภาพ 3. เส้นกำหนดเส้นคู่ขนานสั้น ๆ แล้วให้สร้างรูปเพิ่มเติม ให้มากที่สุด
3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้วยเสียง มี 2 กิจกรรม	1. ให้นักเรียนฟังจากเครื่องบันทึกเสียง 2. เขียนความสัมพันธ์ของเสียงในแต่ละครั้ง

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ มีเกณฑ์ดังนี้

ฉบับย่อยที่ 1 มี 7 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ฉบับย่อยที่ 2 มี 3 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่อง ความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความละเอียดลออ

ฉบับย่อยที่ 3 มี 2 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดริเริ่ม นอกจากนี้ก็มีแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับอื่น ๆ เช่น Wallach and Kogan ซึ่งได้สร้างแบบทดสอบที่ประกอบแบบทดสอบย่อย 5 ฉบับ ได้แก่

1. ให้หาสิ่งที่เป็นพวกเดียวกันกับสิ่งที่
2. ให้บอกประโยชน์ของสิ่งของ
3. ให้บอกความเหมือนของสิ่งของ 2 สิ่ง
4. ให้บอกความหมายของภาพเส้น
5. ให้บอกความหมายของเส้น

สำหรับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น (Sternberg, 2009) ได้อธิบายถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า สถานการณ์ในแบบวัด ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ควรเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถ เชื่อมโยงกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ แต่ไม่ควรเน้นเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยตรง เนื่องจากจะให้แบบวัด ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กลายเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ 2 รูปแบบ คือ 1. วัดความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการตรวจคุณภาพของผลงาน 2. วัดจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ที่เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ ซึ่งจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้านคือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

การตรวจให้คะแนนของข้อถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะแตกต่างจากการตรวจให้คะแนนคำถามของแบบทดสอบชนิดอื่นๆ กล่าวคือคำถามวัดความคิดสร้างสรรค์จะไม่มีคำตอบถูก หรือผิด แต่การได้คะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ดังนั้นนักเรียนจึงต้อง เขียนคำตอบให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และเพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์ได้สอดคล้องตรงกัน จึงได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการตรวจให้คะแนนไว้ โดยจะตรวจให้คะแนน 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาทอแรนซ์ ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. คะแนนความคิดคล่อง จะพิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของแบบทดสอบ โดยให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่ (แต่ต้องไม่ซ้ำกับคำตอบของตนเอง)

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น จะพิจารณาจากจำนวนกลุ่มหรือจำนวนประเภทของคำตอบ โดยนำคำตอบที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจัดกลุ่มหรือประเภท คำตอบใดเป็นคำตอบ ที่อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน หรือความหมายอย่างเดียวกัน ให้จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วตรวจ นับให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มที่จัดไว้ โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม จะพิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ เป็นความคิดแปลก แตกต่างไปจากนักเรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่ม คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ก็ให้คะแนนน้อยหรือไม่ได้เลย แต่ถ้าคำตอบยิ่งซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำกับคนอื่นเลยก็จะได้คะแนนมากขึ้น โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากนั้นจึงหาผลรวมของคะแนนทั้ง 3 ด้านของทุกข้อถามจึงเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์รวมของนักเรียนคนใดคนหนึ่ง

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ (Hu และ Adey, 2002) ได้อิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา ความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์แต่ต่างกันที่การให้คะแนนความคิดริเริ่ม ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดน้อยกว่าร้อยละ 5 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นอยู่ระหว่างร้อยละ 5 – 10 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดมากกว่าร้อยละ 10 ให้ 0 คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของบุญรัตน์ จันทร์ และคณะ (บุญรัตน์ จันทร และคณะ, 2558) ใช้กรอบแนวคิดของทอแรนซ์ โดยให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับถาม ทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนนขึ้นไป จะได้ 4 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 คะแนน จะได้ 3 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 คะแนน จะได้ 2 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 3 คะแนน จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับถามโดยคำตอบที่นักเรียน ตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มี คำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม จะได้ 4 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม จะได้ 3 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม จะได้ 2 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึง ความริเริ่มที่สอดคล้อง กับถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์ การประเมินดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน จะได้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2 - 3 คน จะได้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4 - 6 คน จะได้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7– 9 คน จะได้ 1 คะแนน

จากการศึกษาการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยมุ่งสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ฉบับภาษาเขียน วัดความสามารถใน 3 ด้านคือ

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดใน เรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัด จำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่ โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

จากการศึกษาเอกสาร การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้และปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีการของบุญรัตน์ จันทร์และคณะ (บุญรัตน์ จันทร์และคณะ, 2558: 330 - 331) โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคิดได้จากผลรวมของคะแนน ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

2.8 ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานงานมีองค์ประกอบมาจากความคิดสร้างสรรค์เป็นหลัก เพราะความคิดสร้างสรรค์คือการคิดนอกกรอบ คิดค้นหาคำตอบ ใช้จินตนาการที่ช่วยคลี่คลายปัญหาต่างๆ เป็นส่วนที่ช่วยผลักดันให้เกิดนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่ดี มีเอกลักษณ์

ความหมายของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

กรมวิชาการ (2535) ได้ให้ความหมายของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ไว้ว่าการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำแบบเดิมที่เคยปฏิบัติและสร้างผลงานใหม่โดยการผสมผสานความรู้ ความคิดต่างๆ ได้อย่าง กลมกลืน นำรูปแบบที่สังเกตจากธรรมชาติไปใช้ หรือดัดแปลงในการทำงาน รวมทั้งการใช้จินตนาการ ในการสร้างสรรค์งาน การแสดงออกเป็นไปอย่างมีจุดหมายและเชื่อมั่นมีลักษณะเฉพาะในทางดีงามที่ เป็นของตนเอง แสดงถึงการมีความคิดริเริ่มของผู้ปฏิบัติงาน

สำนักงานบริหารยุทธศาสตร์และการบูรณาการการศึกษา (2552) ได้ให้ความหมายของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ไว้ว่าการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การสร้างผลงาน ที่แสดงออกถึงแนวทางการทดลองหรือการพัฒนาจากแนวคิด การสร้างสรรค์เดิม เพื่อเป็นต้นแบบหรือความสามารถในการบุกเบิก ศาสตร์ทางศิลปะ ซึ่งครอบคลุม ถึงสิ่งประดิษฐ์และงานออกแบบ มีคุณค่าและคุณประโยชน์

เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2561) ได้ให้ความหมายของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ไว้ว่าการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การสร้างผลงานที่มีมีความ แปลกใหม่ แตกต่างไปจากเดิม โดยใช้จินตนาการ ความรู้ต่างๆ เพื่อสร้างงานที่เป็นประโยชน์ โดย ผลงานที่แสดงออกเป็นการพัฒนาทดลอง มีจุดมุ่งหมายเป็นสิ่งที่ดีงาม

การสร้างผลงานหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ (productive) เป็นการถ่ายโอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไปสู่การออกแบบ การสร้างสรรค์หรือการประดิษฐ์ผลงานออกมาซึ่ง Schoell and Guiltinan (Schoell, 1998) แบ่งผลงานหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ผลงานนวัตกรรม (innovation product) คือ ผลงานใหม่ที่แท้จริง เป็นการริเริ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานชิ้นใหม่ที่มีขึ้นเป็นครั้งแรก

2. ผลงานดัดแปลง (modification product) คือ ผลงานที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ เป็นการพัฒนา ผลงานเดิมที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง จนเกิดผลงานใหม่อีกครั้ง

3. ผลงานเลียนแบบ (imitation product) คือ ผลงานทดแทน การสร้างผลงานตามอย่างผลงานเดิมที่มีอยู่แล้ว

Good (1990) อธิบายว่า ผลงานที่สร้างสรรค์จะต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความแปลกใหม่และมีคุณค่าโดยงานสร้างสรรค์ต้องเป็นที่ยอมรับว่ามีความถูกต้อง คือ สามารถใช้งานได้ดี ดีงาม ไพเราะ หรือมีสุนทรียภาพ

สำนักงานก.พ. (2560) ได้กล่าวถึงลักษณะผลผลิตที่มีความสร้างสรรค์ (creative product) ไว้ 6 ขั้น ได้แก่

ขั้นที่ 1 การแสดงออกอย่างอิสระในด้านความคิดริเริ่ม โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงาน

ขั้นที่ 2 การผลิตงานโดยอาศัยทักษะบางอย่างไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่ ๆ

ขั้นที่ 3 การแสดงถึงความคิดใหม่ของบุคคล ไม่ได้ลอกเลียนมาจากใครแม้ว่าจะมีผู้อื่นคิดไว้ แล้วก็ตาม

ขั้นที่ 4 การประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ เป็นผลการประดิษฐ์สิ่งใหม่โดยไม่ซ้ำแบบใคร

ขั้นที่ 5 การพัฒนาผลงานที่ประดิษฐ์ได้ในขั้นที่ 4 ให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 การใช้ความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นนามธรรมขั้นสูงสุด เช่น การค้นพบทฤษฎี หลักการ ใหม่ๆ สรุปลักษณะของการสร้างงาน นำองค์ความรู้ที่มีมาสร้างเป็นผลงานใหม่ ดัดแปลง คิดใหม่ หรือเลียนแบบผลงานเดิมแต่มีการพัฒนาให้ดีขึ้น

จากการศึกษาเอกสารพบว่า ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง ความสามารถในการสร้าง หรือ ประดิษฐ์ผลงานใหม่ ที่ไม่ซ้ำแบบเดิมโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ จินตนาการในการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นประโยชน์

การประเมินการสร้างชิ้นงาน

Besemer and Quin, 1999 อ้างใน (วีรพล แสงปัญญา, 2547) ได้เสนอว่า ชิ้นงานการสร้างสรรค์ของบุคคลสามารถประเมินใน 3 มิติ คือ

1. นิตินวภาพ (novelty) พิจารณาจากวัสดุใหม่ วิธีการใหม่ หรือมโนทัศน์ใหม่ รวมทั้งการมี อิทธิพลต่อการสร้างผลงานของตนเองหรือผู้อื่น

1.1 ความคิดริเริ่ม (origin) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่ไม่เหมือนกับผลงานก สร้างสรรค์ทั่วไป หรือไม่ซ้ำกับผลงานการสร้างสรรค์ของผู้อื่น ที่มีอายุประสบการณ์หรือได้รับการฝึกใกล้เคียงกัน

1.2 ความน่าประหลาดใจ (surprising) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความประหลาดใจ ไม่คาดหวังว่าจะได้เห็นผลงานในลักษณะนี้

1.3 การเพาะความคิด (germinal) เป็นการสร้างสรรค์ที่มีอิทธิพลต่อการสร้างสรรค์งานของตนเองหรือ อื่นเป็นงานลักษณะเดียวกันในอนาคต

2. มิติการแก้ปัญหา (resolution) พิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์ปัญหาของผลงานสร้างสรรค์นั้น

2.1 การมีคุณค่า (valuable) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่มีคุณค่าต่อผู้พบ เห็นหรือผู้ใช้ตามเกณฑ์ของความต้องการทางด้านกายภาพ ด้านจิตวิทยา ด้านการดำรงชีวิต

2.2 ความสมเหตุสมผล (logical) เป็นการสร้างผลงานสร้างสรรค์ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม และสมเหตุผล

2.3 การใช้ประโยชน์ (useful) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในทางปฏิบัติ

3. มิติการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis) พิจารณาจาก ความสมบูรณ์ ความซับซ้อน ความประณีต แสดงถึงฝีมือและความชำนาญ พร้อมทั้งสื่อความหมายได้ ประกอบด้วย

3.1 การจัดส่วนประกอบ (organic) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ ที่มีการจัดส่วนประกอบเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์แบบ มีความเป็นหนึ่งเดียวกัน

3.2 ความประณีตสวยงาม เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่มีความกลมกลืน ประณีต และดึงดูดใจต่อผู้พบเห็น

3.3 ความซับซ้อน (complex) ผลงานการสร้างสรรค์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายองค์ประกอบมีการประดับประดาน่าสนใจ

3.4 การเป็นที่เข้าใจได้ (understandable) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่ผู้พบเห็นหรือผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย และชัดเจน

3.5 ความมีฝีมือและความชำชอง (well - crafted) เป็นผลงานการสร้างสรรค์ที่ถูกสร้างด้วยความพิถีพิถันตั้งใจทำอย่างดี สรุปได้ว่าผลิตผลการสร้างสรรค์ต้องเป็นสิ่งใหม่ แต่ไม่จำเป็นต้องขั้นสูงสุด หรือค้นคว้า ประดิษฐ์ของใหม่ขึ้นมาเสมอไป แต่ต้องเป็นสิ่งที่ใช้ประโยชน์ได้ และมีคุณภาพสามารถแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์ปัญหาของการสร้างสรรค์นั้น โดยที่

ผลิตผลการสร้างสรรค์อาจอยู่ใน ชีวิตประจำวันในบ้าน ความสัมพันธ์ของคนในการทำงาน หรือในสังคมก็ได้

จากการศึกษาเอกสารพบว่า การประเมินการสร้างชิ้นงานสามารถประเมินใน 3 มิติ คือ 1. นิตินวภาพ พิจารณาจากการเลือกใช้ วัสดุใหม่ วิธีการใหม่ หรือมโนทัศน์ใหม่ 2. มิติการแก้ปัญหา พิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. มิติการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ พิจารณาจาก ความสมบูรณ์ ความซับซ้อน ความประณีตของชิ้นงาน

เกณฑ์ในการพิจารณาและประเมินผลงานสร้างสรรค์

Tardif T. Z. and R. J. Sternberg (1988) ได้สรุปว่าความคิดสร้างสรรค์ต้องเป็นผลผลิตของใหม่ ซึ่งไม่เป็นการเลียนแบบหรือเป็นผลผลิตที่มีอยู่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับ (ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา, 2537) ได้กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ที่ใหม่แปลกแตกต่างจากเดิม อาจเกิดจากการคิดปรับปรุง สิ่งที่มีอยู่แล้ว เพื่อเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้น หรือการใช้จินตนาการคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้นมาโดยเป็นการคิดมุ่งแก้ปัญหา และเป็นการคิดที่มีคุณค่า เป็นประโยชน์

ในการประเมินผลงานว่าเป็นผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตั้งเกณฑ์ที่นำมาใช้ประเมินที่สำคัญคือในเรื่องของความใหม่ (newness) และการใช้ประโยชน์ (useful)

Young (1985) ได้พยายามเสนอเกณฑ์ในการประเมินผลงานว่า จะต้องมีลักษณะแปลกใหม่ (Newness) และมีคุณค่า (Value serve) จำแนกเป็นลักษณะย่อยดังนี้

1.ความแปลกใหม่ (newness) คือ ใหม่ในฐานะต้นคิด (new as original) ใหม่จากกลุ่ม อ้างอิง (new as statistically infrequency) ใหม่ในลักษณะที่แตกต่างจากแนวทางทั่วไป (new as a change from the regular way) และใหม่ในฐานะสร้างขึ้นใหม่ (new as renovated, rejuvenated or regenerated)

2.ควรมีคุณค่า (Value serve) ประเมินจากคุณค่าต่อผู้สร้าง (value to the creator) และ คุณค่าต่อคนอื่น (Value to others)

Besemer และ Treffinger 1981 อ้างถึงใน (พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ, 2553) ได้เสนอทฤษฎีการวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยการประเมินผลงานขึ้น ในรูปแบบของเมตริก การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน (The Creative Product Analysis Matrix or COAM) จากข้อความข้างต้น การพิจารณาผลงานผ่านผลงานควรคำนึงถึงความแปลกใหม่ ให้คุณค่า และก่อให้เกิดประโยชน์

Besemer และ Quin 1986 อ้างถึงใน (สมาน ถาวรรัตนวณิช, 2541) ได้พัฒนาแบบเกณฑ์ การประเมิน CPSS (The creative Product semantic Scale) จากทฤษฎีเมตริการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน (The Creative Product Analysis Matrix or CPAM) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน ดังตารางที่ 11 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin

มิติ/มโนทัศน์	ความหมาย
นิตินวภาพ (novelty	พิจารณาจากกระบวนการใหม่ วิธีการใหม่ วัสดุใหม่ รวมทั้งการอิทธิพลต่อการสร้างผลงานของตนเองและ ผู้อื่นที่เป็นงานลักษณะเดียวกันในอนาคต
ความคิดริเริ่ม(origins)	เป็นงานประดิษฐ์ที่ไม่เหมือนกับงานประดิษฐ์ทั่วไป หรือไม่ซ้ำกับงานประดิษฐ์ของผู้อื่นที่มีอายุ ประสบการณ์ หรือได้รับการฝึกใกล้เคียงกัน
ความน่าประหลาดใจ (surprising)	เป็นงานประดิษฐ์ที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความประหลาด ใจ ไม่คาดหวังว่าจะพบเห็นงานลักษณะนี้
การแก้ปัญหา(resolution)	พิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์ปัญหาของงาน ประดิษฐ์นั้น
การมีคุณค่า (valuable)	เป็นงานประดิษฐ์ที่มีคุณค่าต่อผู้พบเห็น หรือผู้ใช้ตาม เกณฑ์ของความต้องการทางด้านกายภาพด้าน จิตวิทยา ด้านการดำรงชีวิต
ความสมเหตุสมผล (logical)	เป็นงานประดิษฐ์ที่สร้างด้วยวิธีการที่เหมาะสมและ สมเหตุสมผล
การใช้ประโยชน์ (useful)	เป็นงานประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในทางปฏิบัติ
การต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis)	พิจารณาจากความสมบูรณ์ ความประณีต สวยงาม ของการประดิษฐ์

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin (ต่อ)

มิติ/มโนทัศน์	ความหมาย
การจัดส่วนประกอบ (organic)	เป็นงานประดิษฐ์ที่มีการจัดส่วนประกอบ เป็นรูปร่าง ที่สมบูรณ์แบบและมีความเป็นหนึ่งเดียวกัน
ความประณีตสวยงาม (elegant)	เป็นงานประดิษฐ์ที่มีความกลมกลืน ประณีต และ ดึงดูดใจต่อผู้พบเห็น
ความซับซ้อน (complex)	เป็นงานประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายๆ องค์ประกอบ มีการประดับประดา และน่าสนใจ
การเป็นที่เข้าใจได้ (understanding)	เป็นงานประดิษฐ์ที่ผู้พบเห็น หรือผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ ง่าย และชัดเจน
ความมีฝีมือและความชำชอง (wellcrafted)	เป็นงานประดิษฐ์ที่ถูกสร่างด้วยความพิถีพิถันตั้งใจทำเป็นอย่างดี

ที่มา : (สมาน ถาวรรัตนวณิช, 2541)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (scoring rubrics) เนื่องจากในปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้นิยมใช้การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ทำให้นักการศึกษาได้ให้ความสนใจกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคมากขึ้น เนื่องจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (scoring rubrics) สามารถวิเคราะห์งานได้อย่างละเอียดครอบคลุม และจำแนกคุณภาพของงานได้ถูกต้อง ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (scoring rubrics) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ (เจนจิรา สันติไพบูลย์และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561)

1. เกณฑ์การประเมินในภาพรวม (holistic rubric) คือ แนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากภาพรวมของผลงาน จะมีคำอธิบายลักษณะของงานในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจนลักษณะเป็นองค์รวม เช่น ทักษะการเขียน ความคิดสร้างสรรค์ และความสละสลวยของภาษา

2.เกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วน (analytic rubric) คือ แนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากแต่ละส่วนของงาน ซึ่งแต่ละส่วนจะต้องกำหนดแนวทางการให้คะแนนโดยมีคำนิยามหรือคำอธิบายลักษณะของงานส่วนนั้นๆ ในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจนแล้วนำแต่ละส่วนหรือองค์ประกอบของคุณลักษณะมารวมกันเป็นคะแนนรวม

จากการศึกษางานเอกสารพบว่า เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่มีความเชื่อมโยงกับการวิจัยครั้งนี้เป็นเรื่องของ ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยผลงานที่สร้างขึ้นต้องมีลักษณะที่เป็นผลงานที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างขึ้นใหม่ หรือเป็นผลงานที่ดัดแปลงจากผลงานเดิม หรือถูกนำมาปรับปรุงใหม่จนสมบูรณ์ ซึ่งความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สามารถประเมินได้หลายวัดและประเมินผลได้หลายแบบตามบริบท และลักษณะของผลงาน

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยตั้งเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ตามแนวคิด STEAM และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) และแนวคิดการสร้างสรรค์จาก ผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin 1986 อ้างใน (วีรพล แสงปัญญา 2554) มาเป็น ตัวกำหนดในการออกแบบการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน จำนวน 5 ด้านดังนี้ 1. ด้านการวางแผน 2. ด้านการลงมือทำ 3. ด้านการนำเสนอผลงาน 4. ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด 5.ด้านการปรับปรุงผลงาน

2.9 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จันทิมา เมยประโคน (2555) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า คือ ความรู้ ทักษะ และความสามารถของนักเรียนอันเกิดผลมาจากการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบวัดจากแบบทดสอบข้อเขียน และแบบทดสอบการปฏิบัติจริง

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และคณะ (2540) ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ สมรรถภาพด้านต่างๆ ของสมอง หรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงของบุคคลที่ได้รับการเรียนการสอน หรือผลงานที่นักเรียนได้จากการประกอบกิจกรรม

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นคุณลักษณะรวมถึงความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือมวลประสบการณ์ที่บุคคลได้รับ ทำให้บุคคลเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมองหลังจากการเรียนรู้นั้นๆ แล้ว มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความมุ่งหมายมากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาเอกสารพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของความรู้ ความสามารถและทักษะ หรือพฤติกรรมที่นักเรียนได้เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากจากการเรียนการสอนทั้งที่โรงเรียน ที่บ้าน สภาพแวดล้อมและแหล่งอื่นๆ สามารถวัดได้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า เป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของบุคคล ว่า เรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใด มากน้อยเพียงใด เช่น พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่ามากน้อยอยู่ในระดับใด นั่นคือการวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของนักเรียนในด้านพุทธิพิสัย ซึ่งเป็นการวัด 2 องค์ประกอบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่เรียน คือ

1. การวัดด้านการปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถทางการปฏิบัติ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงให้เป็นผลงานปรากฏออกมาให้เป็นการสังเกตและวัดได้ ซึ่งการประเมินผลจะพิจารณาที่วิธีปฏิบัติและผลงานที่ได้จากการปฏิบัติ

2. การวัดเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน มีวิธีการสอบวัดได้ 2 ลักษณะ คือ การสอบปากเปล่า และการสอบแบบให้เขียน

จากการศึกษาเอกสารพบว่า จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ เพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถทางการปฏิบัติ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและประเมินผลที่วิธีปฏิบัติและผลงานที่ปฏิบัติและเพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชารวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ ที่ได้จากการเรียนการสอน

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่า ผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในการทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยธนี (2558) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher – Made Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอนจะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นเป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่วๆ ไปในโรงเรียนและสถาบันการศึกษา

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์เช่นเดียวกันกับแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่างๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน

จากการศึกษาเอกสารพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบทดสอบอิงเกณฑ์หรือแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่สอน การวัดจะตรงตามจุดประสงค์ และแบบทดสอบอิงกลุ่มหรือแบบทดสอบมาตรฐานซึ่งใช้วัดความรู้กับนักเรียนทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนต่างกลุ่ม การวัดจะตรงตามหลักสูตร

แนวความคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวในการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

สมนึก ภัททิยธนี (2558) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้นเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี ตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม

3. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. แบบทดสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆเขียนเป็นประโยคคำถามที่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม กับตัวเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่

เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเดียวจากตัวลวงอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกั

หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2558)หลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ มีดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์แล้วใส่เครื่องหมายปรัศนี ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาสองแง่ ข้อความไม่ต่อกันหรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2. ในเรื่องจะถามให้ชัดเจนและตรงจุด ไม่ครุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว้เขวสามารถมีความคิดในคำตอบไปทุกทิศทาง

3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อตัวการวัด หรือถามในสิ่งที่ดีงาม มีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลายๆด้าน ไม่ใช่ทำเฉพาะความจำ หรือความจริงตามตำรา แต่ต้องถามให้คิด หรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะปกตินักเรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถาม และตอบคำถามที่กลับดึก ปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก

5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถาม จะช่วยให้คำถามรัดกุมชัดเจนขึ้น

6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพันธ์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือมีทิศทางเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน

7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่างๆนิยม เรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้พูดตอบพิจารณาหาคำตอบได้สะดวก ไม่หลงและป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก

8.ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือไปปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่าไม่มีคำตอบที่ถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ สรุปแน่นอนไม่ได้

9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว แต่บางครั้งผู้ออกข้อสอบคาดไม่ถึงว่าจะมีปัญหาหรืออาจจะเกิดการแต่งตั้งตัวล่วงที่ไม่รัดกุม จึงมองตัวลวงเหล่านั้นได้อีกแง่หนึ่ง ทำให้เกิดปัญหาสองแง่สองมุมได้

10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา คือ จะกำหนดตัวถูกหรือตัวผิดเพราะสอดคล้องกับความเชื่อของสังคม หรือคำพังเพยทั่วๆไปไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาเป็นสำคัญ จะนำความเชื่อโชคลาง หรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้

11. เขียนตัวเลือกให้อิสระขาดจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกตัวได้ตัวหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น แต่ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

12. ควรมีตัวเลือก 4 - 5 ตัว ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้ถ้าเขียนตัวเลือกเพียงสองตัว ก็จะกลายเป็นข้อสอบแบบกาถูก-ผิด และเพื่อป้องกันไม่ให้เดาได้ง่าย จึงควรมีตัวเลือกมากๆ ตัวเลือกที่นิยมใช้หากเป็นข้อสอบระดับประถมศึกษาปีที่ 1 - 2 วันใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ใช้ 4 ตัวเลือก ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายคนใช้ 5 ตัวเลือก

13. อย่าแนะคำตอบ ซึ่งการแนะคำตอบมีหลายกรณีดังนี้

13.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะคำตอบข้อแรก ๆ

13.2 ถามเรื่องที่นักเรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภท คำพังเพย สุภาษิต คติพจน์ หรือคำเตือนใจ

13.3 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้ก็อาจจะเดาได้ถูก

13.4 ข้อความของตัวถูกบางส่วนหรือเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

13.5 เขียนตัวถูกหรือตัวลวงถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป

13.6 คำตอบไม่กระจาย

จากการศึกษาเอกสาร สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสำคัญต่อการวัดและประเมินผลนักเรียนเพราะจะทำให้ทราบถึงความรู้ความเข้าใจทักษะและทัศนคติอันเกิดจากการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งอาจวัดได้จากการทดสอบระหว่างหรือหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยการทดสอบหรือวิธีอื่นๆ นอกจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะบอกคุณภาพของนักเรียนแล้วยังแสดงให้เห็นคุณค่าของหลักสูตร คุณภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอดจนความสามารถของคุณครูสอนแก่ผู้บริหารอีกด้วย

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สุนิสา แสงสว่าง และดุจเดือน ไชยพิชิต (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อประสมในรายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 24.83 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.78 มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 15 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 23.94 คิดเป็นร้อยละ 79.81 มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 88.89 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ชฎาลักษณ์ จิตราช (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาและคะแนนความคิดสร้างสรรค์ เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของ คะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ70 ขึ้นไป ผลการวิจัยพบว่าหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา เฉลี่ยเท่ากับ 15.72 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.60 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และ นักเรียนมีคะแนน ความคิดสร้างสรรค์ เฉลี่ยเท่ากับ 20.42 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.08 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 97.22 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

มัสยา บัวผัน (2563) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 85.75 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมของนักเรียน อยู่ในระดับมากที่สุดผลการวิจัยครั้งนี้บ่งชี้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้

รัชฎาภรณ์ จันทร์ทอง (2562) ได้ศึกษาการใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพการจัดการความรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนโดยใช้สะตีมศึกษามีค่าเท่ากับ 78.83/78.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (2) ผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะตีมศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะตีมศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (4) ความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะตีมศึกษาอยู่ในระดับดีมาก

เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2561) ได้ศึกษา ทักษะกระบวนการ และความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ พบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ นักเรียนมีผลการประเมินทักษะกระบวนการอยู่ในระดับดี และ

มีความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนมีความชื่นชอบในการเรียน และต้องการเรียนอีกในครั้งต่อไป การวิจัยครั้งนี้บ่งชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการ และความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนได้

ฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ และคณะ (2560) ได้ศึกษาการผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ หลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 57.12 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีและมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยครั้งนี้บ่งชี้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้น

งานวิจัยต่างประเทศ

An และ Yang (2019) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้สตีมศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ 6E Learning ในการสอนฟิสิกส์ที่โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศจีนจากการศึกษารายกรณี Case Study และการทดลอง ในเรื่องเสียงอันตราย โดยใช้แบบสอบถาม STEAM Literacy ที่สำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ STEAM + 6E พบว่าในการสอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น STEAM-based ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนักเรียนมีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ศิลปะ และวิศวกรรม สามารถเรียนรู้ได้วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ความรู้จากกิจกรรมในเวลาเดียวกันทำและผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยรูปแบบ STEAM อยู่ในระดับสูง

Yilip Kim (2012) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศเกาหลี ผ่านกิจกรรมการประดิษฐ์กระถางต้นไม้ด้านการเพาะปลูก มีการใช้นวัตกรรม และการประดิษฐ์ โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม มาศึกษา และสร้างผลงานในด้านการเกษตร จากการศึกษาพบว่านักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม ออกประดิษฐ์ชิ้นงานโดยใช้ความรู้ด้านศิลปะ ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้

Kwon, Nam, และ Lee (2011) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมที่ใช้สตีมเป็นฐาน สำหรับนักเรียนประถมศึกษาในประเทศเกาหลี เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและเจตคติต่อการเรียน ผลการศึกษาพบว่า การศึกษาที่ใช้สตีมเป็นฐานนั้น เป็นการเชื่อมโยงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทำให้เกิดการเรียนรู้เป็นรูปธรรมและยังเป็นแรงจูงใจในการพัฒนาบุคลิกภาพของนักเรียนนำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนประถมให้สูงขึ้น อีกทั้งส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ซึ่งสังเกตได้จากการทำกิจกรรม และการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM EDUCATION และการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E Learning by Design) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการสร้างผลงาน ประดิษฐ์ชิ้นงาน นวัตกรรมใหม่ๆ มีการออกแบบวางแผน การทดสอบการใช้งานจริง โดยใช้ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ นำมาบูรณาการสร้างสรรค์เป็นผลงาน เพื่อใช้แก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม 3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีการรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 158 คน จากโรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายภูสระดอกบัว อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร

2 กลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 คน โรงเรียนบ้านนาป่ง อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่ง กลุ่ม (Cluster Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (Burke, 2014) ตามแนวคิดสตีม หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน ดังนี้

แผนที่ 1 เรื่อง การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน)

แผนที่ 2 เรื่อง การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุเดิม (วัสดุต่างชนิดกัน)

แผนที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้น

แผนที่ 4 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงวัสดุเมื่อทำให้เย็นลง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ชุด เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น เละความคิดริเริ่ม

4. แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นแบบประเมินเพื่อใช้ประเมินทักษะกระบวนการ 5 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการวางแผน 2. ด้านการลงมือทำ 3. ด้านการนำเสนอผลงาน 4. ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด 5. ด้านการปรับปรุงผลงาน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) 4 ระดับ และกำหนดเป็นเกณฑ์การให้คะแนน แบบรูบริค (Rubric Score) ใช้ประเมินขณะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 1 ครั้ง แต่ละครั้งมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน รวมประเมินทั้งหมด 4 ครั้ง แล้วนำคะแนนมาคิดเป็นค่าเฉลี่ย

3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น แนวคิด เอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E)

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช2551 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านนาป่ง สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระแกนกลาง การเรียนรู้ของชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ขั้นที่ 2 การสร้างแผนการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เป็นการสอนบูรณาการแบบข้ามวิชา โดยมีสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุเป็นหลักเนื้อหาหลักและนำเนื้อหาบางส่วนที่มีความเชื่อมโยงของเทคโนโลยี วิศวกรรมศิลปะและคณิตศาสตร์เข้าไปบูรณาการเข้ากับวิทยาศาสตร์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ปรากฏดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกัน เป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	สมบัติของวัสดุ และสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน)	วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน และวัตถุบางชิ้นทำจากวัสดุชิ้นส่วนย่อยๆ ชนิดเดียวกัน ซึ่งแต่ละชิ้นมีลักษณะเหมือนกันมาประกอบเข้าด้วยกัน เมื่อแยกชิ้นส่วนย่อย ๆ แต่ละชิ้นของวัตถุออกจากกัน สามารถนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของวัสดุได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิมได้ (วัสดุชนิดเดียวกัน) (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	3

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
2	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้ และประกอบกัน เป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุต่างชนิดกัน)	วัตถุบางชิ้นทำจากวัสดุชิ้นส่วนย่อยๆ หลายชนิดต่างกัน ซึ่งแต่ละชิ้น มีลักษณะที่แตกต่างกันมาประกอบเข้าด้วยกัน เมื่อแยกชิ้นส่วนย่อย ๆ แต่ละชิ้นของวัตถุออกจากกัน สามารถนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้	1. นักเรียนสามารถระบุวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิมได้ (วัสดุต่างชนิดกัน) (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	3
3	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้น	เมื่อให้ความร้อนหรือทำให้วัสดุร้อนขึ้น วัสดุจะเกิด การเปลี่ยน แปลงได้ เช่น สี เปลี่ยน รูปร่างเปลี่ยน	1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความร้อนที่มีต่อวัสดุได้ (K) 2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างบ้านจำลองที่สามารถทนต่อความร้อนของแสงอาทิตย์ (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	3
4	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลง	การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลง	เมื่อให้ลดอุณหภูมิหรือทำให้วัสดุเย็นลง วัสดุจะเกิด การเปลี่ยน แปลงได้ เช่น รูปร่างเปลี่ยน ความยืดหยุ่นเปลี่ยน	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลงได้ (K) 2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้าง	3

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์			ผลงานชิ้นใหม่โดยนำความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ เย็นไปประยุกต์ใช้ได้ (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน โดยมีเนื้อหาครอบคลุม เรื่อง การสร้างวัตถุจากวัสดุชนิดเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน) การสร้างวัตถุจากวัสดุชนิดเดิม (วัสดุต่างชนิดกัน) การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อให้ความร้อน และการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลง รวมทั้งหมดเป็น 12 ชั่วโมง

2.2 จัดทำแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ จำนวน 4 แผน ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 การสำรวจ ขั้นที่ 3 อธิบาย ขั้นที่ 4 วิศวกรรม ขั้นที่ 5 ปรับปรุง ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Bybee,1997) โดยกำหนดหัวข้อในการทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด
2. มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัดที่บูรณาการ
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. สาระสำคัญ
5. สาระการเรียนรู้ที่บูรณาการ
6. กิจกรรมการเรียนรู้

7. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

8. การวัดและประเมินผล

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพ

3.1 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา เนื้อหามีความ สอดคล้องกับตัวชี้วัด และขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังบกพร่อง โดยอาจารย์ที่ปรึกษา มีคำแนะนำให้แก้ไข

3.2 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบเกี่ยวกับความเหมาะสมของเนื้อหามีความสอดคล้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดกิจกรรม ข้อเสนอแนะและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

1. รศ.ดร. ประสาท เนืองเฉลิม วุฒิการศึกษา (กศ.ด.) วิทยาศาสตร์ศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์

2. ผศ.ดร. อพันตรี พูลพุทธา วุฒิการศึกษา (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3. นางสาวกัญญา แมดเจริญ วุฒิการศึกษา (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนดอนไทรงาม มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4. นางเกสร สุขชารี วุฒิการศึกษา (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนร่องคำ มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5. นางรุ่งฤดี มาตนาเรียง วุฒิการศึกษา (ศษ.ม.) วิทยาศาสตร์ศึกษา ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ มีความเชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์การประเมินค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

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

3.3 นำคะแนนจากการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ทั้ง 5 ชุดของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีผลปรากฏดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เฉลี่ย 4.69 ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เฉลี่ย 4.73 ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เฉลี่ย 4.62 ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เฉลี่ย 4.61 ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด

ถ้าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของแผนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีผลค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 4.61 – 4.73 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านป่าไร่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ผู้วิจัยนำข้อบกพร่องที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเทคนิคการสร้างข้อสอบ

1.2 ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากหนังสือเรียน คู่มือครู และหนังสือเพิ่มเติมอื่น ๆ เพื่อสร้างข้อสอบ

ขั้นที 2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุเพื่อดำเนินการออกข้อสอบได้ครอบคลุมตามสิ่งที่ต้องการวัด ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ

เนื้อหา	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อแบบวัดทักษะฯ	
			จำนวนข้อที่สร้างทั้งหมด	จำนวนข้อที่ใช้จริง
สมบัติของวัสดุ และสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม(วัสดุชนิดเดียวกัน)	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของวัสดุได้ (K)	4	2
		2. นักเรียนสามารถสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิมได้ (วัสดุชนิดเดียวกัน)(P)	4	3

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ (ต่อ)

เนื้อหา	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อแบบวัดทักษะฯ	
			จำนวนข้อที่สร้างทั้งหมด	จำนวนข้อที่ใช้จริง
การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม(วัสดุต่างชนิดกัน)	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกัน เป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	1. นักเรียนสามารถระบุวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุได้ (K)	4	3
		2. นักเรียนสามารถสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิมได้ (วัสดุต่างชนิดกัน) (P)	4	3
การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้น	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ ร้อนขึ้น หรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความร้อนที่มีต่อวัสดุได้ (K)	4	3
		2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างบ้านจำลองที่สามารถทนต่อความร้อนของแสงอาทิตย์ (P)	3	1
การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลง	มาตรฐาน ว 2.1 ว 2.1 ป.3/2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ ร้อนขึ้น หรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลงได้ (K)	4	2
		2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างผลงานชิ้นใหม่โดยนำาความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ เย็นไปประยุกต์ใช้ได้ (P)	3	3
รวม			30	20

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลวง ภาษาที่ใช้ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้ถูกต้อง ชัดเจนและเข้าใจง่าย

3.2 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินแบบวัด โดยถือเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3 หลังจากที่ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้สูตรการหาค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัด จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 27 ข้อ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.4 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.5 นำคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีของ Brennan หรือดัชนี B (B-Index) โดยที่ค่าความยากง่าย (p) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (B) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 1.0 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.54 – 0.77 และมีอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.24 - 0.88

3.6 นำคะแนนที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร ของโลเวท (Lovett Method) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.74

3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบประเมินการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือโดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2.2 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ

2.3 ลักษณะของแบบทดสอบเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบข้อละ 10 นาที รวมทั้งสิ้น 30 นาที

2.4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามวิธีการให้คะแนนของบุญรัตน์ จันทร์และคณะ (2558: 230-231) และมีการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของความคิดริเริ่มเพื่อให้เหมาะสมกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้อง 1 คำตอบ นับเป็น 1 รายการ ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่นับคะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 รายการ	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 รายการ	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 รายการ	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 3 รายการ	จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่นให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่ม คำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่มคำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนนโดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่มจากของเล่นของใช้ทั้งหมด	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่มจากของเล่นของใช้ทั้งหมด	จะได้ 3 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่มจากของเล่นของใช้ทั้งหมด	จะได้ 2 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่มจากของเล่นของใช้ทั้งหมด	จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถามโดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้องโดยจะตรวจให้คะแนนทีละ 1 คำตอบ และนำคะแนนในแต่ละข้อคำตอบมารวมกันเป็นคะแนนความคิดริเริ่มทั้งหมด การตรวจคำตอบมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

เป็นคำตอบนั้นไม่ซ้ำกับคนอื่นเลย	จะได้ 4 คะแนน
เป็นคำตอบที่มีคนตอบซ้ำ 2 ครั้ง	จะได้ 3 คะแนน
เป็นคำตอบที่มีคนตอบซ้ำ 3 ครั้ง	จะได้ 2 คะแนน
เป็นคำตอบที่มีคนตอบซ้ำ 4 ครั้ง	จะได้ 1 คะแนน

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในแต่ละข้อ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง การใช้ภาษาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัด และนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.2 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมกับระดับของนักเรียนและความเหมาะสมของเกณฑ์โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด โดยถือเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึงข้อคำถามมีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน 0 หมายถึงไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน -1 หมายถึงไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

นำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่า IOC แล้วเลือกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัด จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบวัดมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.3 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนบ้านนาป่ง

4. แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการและวิธีการสร้าง แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.1 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ หลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อวางแผนการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.2 สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ด้าน ดังนี้ 1. ด้านการวางแผน 2. ด้านการลงมือทำ 3. ด้านการนำเสนอผลงาน 4. ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด 5. ด้านการปรับปรุงผลงาน ซึ่งลักษณะเป็นแบบ มาตรประเมินค่า (Rating Scale) 4 ระดับ

3 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับพอใช้

0 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับปรับปรุง

ตารางที่ 14 แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ควรปรับปรุง (0 คะแนน)
ด้านการวางแผน	- มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน เขียนแผนการทำงานและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้	- มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน และปฏิบัติตามแผนที่วางไว้	- มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน	- ไม่มีการปรึกษากันภายในกลุ่ม
ด้านการลงมือทำ	- สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานทุกชิ้นและเลือกใช้เครื่องมือโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	- สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานได้บางชิ้นและเลือกใช้เครื่องมือโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	- สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานได้บางชิ้นแต่เลือกใช้เครื่องมือโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัย	- ไม่มีชิ้นงาน
ด้านการนำเสนอผลงาน	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงานหรือบอกการนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ 2 หัวข้อ - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงานหรือบอกการนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ 1 หัวข้อ - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงานหรือบอกการนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	ไม่มีชิ้นงาน

ตารางที่ 14 แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ควรปรับปรุง (0 คะแนน)
ด้านกาตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน 1. บอกจุดเด่นหรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อยหรือ ข้อบกพร่องของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มอื่น	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุม หัวข้อดังต่อไปนี้ 2 หัวข้อ 1. บอกจุดเด่นหรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อยหรือ ข้อบกพร่องของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงาน	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุม 1 หัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน 1. บอกจุดเด่น หรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อย หรือข้อบกพร่อง ของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงาน	ไม่มีชิ้นงาน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 14 แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ควรปรับปรุง (0 คะแนน)
ด้านการปรับปรุงผลงาน	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน - บอกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผลงานกลุ่มตนเองได้ - ผลงานที่ผ่านการปรับปรุงใช้งานได้จริง	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน - บอกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผลงานกลุ่มตนเองได้	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน	ไม่มีชิ้นงาน
รวม				

2.3 การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยจะประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนจากการสร้างผลงานในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแผนการเรียนรู้ 4 แผน จำนวนผลงานที่ประเมินทั้งหมด 4 ชิ้น

2.4 ในการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้ คะแนนแบบ รูบริค (Rubric Score) ปรับปรุงจาก (กรมวิชาการ, 2535), (เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เกณฑ์การแปลความหมายการการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
4.00	ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดีมาก
3.00 – 3.99	ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี
2.00 – 2.99	ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับพอใช้
1.00 – 1.99	ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับปรับปรุง

โดยคะแนนความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของนักเรียนได้จากผลบวกของคะแนนความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานในแต่ละแผนการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

3.1 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน เสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง การใช้ภาษาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัด และนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.2 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมกับระดับของนักเรียนและความเหมาะสมของเกณฑ์โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด โดยถือเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึงข้อคำถามมีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน 0 หมายถึงไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน -1 หมายถึงไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

นำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่า IOC แล้วเลือกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่า แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัด จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.60 – 0.80 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.3 นำแบบแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนบ้านนาป่ง

3.3 วิธีการรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 12 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำและชี้แจงขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้นักเรียนในกลุ่มเป้าหมายทราบถึงบทบาทของนักเรียนและผู้วิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ระยะเวลาในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 30 นาที

3. ดำเนินการสอนด้วยแผนการจัดกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 12 ชั่วโมง โดย ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตัวเอง

4. เมื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ (Post-test) กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ฉบับเดิม) จำนวน 2 ข้อ โดยในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีการประเมินผลงานของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานทุกครั้ง ประเมินทั้งสิ้นเป็นจำนวน 4 ครั้ง

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม โดยใช้ สถิติพื้นฐาน ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (mean)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed Rank Test

3. วิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนจากการประเมินชิ้นงานในแต่ละแผนการเรียนรู้ จำนวน 4 ครั้ง โดยใช้ สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

13 คะแนนขึ้นไป ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม

8 – 10 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี

7 – 9 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้

ต่ำกว่า 7 คะแนน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรต่อไปนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$P = \frac{f}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

1.2 การหาค่าเฉลี่ย (mean) โดยใช้สูตร (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

1.3 สูตรส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้สูตร (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ค่าคะแนน

n แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม

Σ แทน ผลรวม

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1. การหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยใช้สูตร (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

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

เมื่อ IOC แทน ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ โดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่ายของแบบทดสอบ

R แทน จำนวนผู้สอบที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิธีของ Brennan หรือดัชนี B (B-Index หรือ Brennan Index) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$B = \frac{R}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ B แทน ความยากง่ายของแบบทดสอบ

N_1 แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

N_2 แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

B แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวิธีของโลเวท (Lovett Method) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$r_{cc}=1-\frac{K\sum X_i-\sum X_i^2}{(K-1)\sum (X_i-C)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบทั้งฉบับ

X_i แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

C แทน คะแนนจุดตัด

2.5 วิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม สถิติที่ใช้ คือ Wilcoxon Signed Rank Test (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2553)

2.6 วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม 3) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการวิจัย โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
D	แทน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
$S.D.$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum x$	แทน	ผลรวม
Z	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของ Wilcoxon

4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ จากนักเรียนจำนวน 16 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และร้อยละได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70

คนที่	คะแนนหลังเรียน	คิดเป็นร้อยละ	การแปลผลเมื่อเทียบกับเกณฑ์
1	14	70.00	ผ่านเกณฑ์
2	16	80.00	ผ่านเกณฑ์
3	15	75.00	ผ่านเกณฑ์
4	15	75.00	ผ่านเกณฑ์
5	14	70.00	ผ่านเกณฑ์
6	18	90.00	ผ่านเกณฑ์
7	16	80.00	ผ่านเกณฑ์
8	12	60.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
9	12	60.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
10	16	80.00	ผ่านเกณฑ์
11	14	70.00	ผ่านเกณฑ์
12	15	80.00	ผ่านเกณฑ์
13	18	90.00	ผ่านเกณฑ์
14	14	70.00	ผ่านเกณฑ์
15	18	90.00	ผ่านเกณฑ์
16	12	60.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
$\bar{X}$	14.88	74.38	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 16 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 13 คน และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 คน $\overline{X}$ = 14.88 คิดเป็นร้อยละ 74.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ วัดความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้านได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยมีคะแนนทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน ดังตารางที่ 17 ตารางที่ 18 และตารางที่ 19

ตารางที่ 17 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียนคนที่	Pre-test	Post-test	คะแนนผลต่าง (D)
1	4	13	9
2	6	9	3
3	6	13	7
4	2	12	10
5	8	13	5
6	15	25	10
7	11	19	8
8	1	9	8
9	5	11	6
10	6	14	8
11	12	25	13
12	7	14	7
13	6	15	9
14	5	12	7
15	9	19	10
16	2	9	7

นักเรียนคนที่	Pre-test	Post-test	คะแนนผลต่าง (D)
$\bar{X}$	6.56	14.50	7.94

จากตารางที่ 17 พบว่าโดยรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 6.56 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.50 มีคะแนนผลต่างโดยเฉลี่ย 7.94

ตารางที่ 18 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียน แยกเป็นรายด้าน

เลขที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์เป็นรายด้าน			
	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	$\sum x$
1	1	2	1	4
2	1	3	2	6
3	1	2	3	6
4	1	1	0	2
5	2	2	4	8
6	3	3	9	15
7	2	2	7	11
8	1	0	0	1
9	1	2	2	5
10	2	2	2	6
11	2	2	8	12
12	1	2	4	7
13	2	3	1	6
14	1	3	1	5
15	2	2	5	9
16	1	1	0	2
$\bar{X}$	1.50	2	3.06	6.56

จากตารางที่ 18 พบว่านักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เฉลี่ยในด้านด้านความคิดริเริ่มมากที่สุด ($\bar{X}$ = 3.06) รองลงมาคือ ด้านความคิดยืดหยุ่น ($\bar{X}$ = 2.00) และด้านความคิดคล่อง ($\bar{X}$ = 1.50) ตามลำดับ

ตารางที่ 19 คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน แยกเป็นรายด้าน

เลขที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์เป็นรายด้าน			
	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	$\sum x$
1	2	4	7	13
2	3	4	2	9
3	2	3	8	13
4	3	3	6	12
5	3	3	7	13
6	4	4	17	25
7	3	4	12	19
8	2	3	4	9
9	2	3	6	11
10	3	3	8	14
11	3	4	18	25
12	2	4	8	14
13	3	4	8	15
14	3	4	5	12
15	3	4	12	19
16	2	4	12	9
$\bar{X}$	2.69	3.63	8.75	14.50

จากตารางที่ 19 พบว่านักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เฉลี่ยในด้านความคิดริเริ่มมากที่สุด ($\bar{X}$ = 8.75) รองลงมาคือ ด้านความคิดยืดหยุ่น ($\bar{X}$ = 3.63) และด้านความคิดยืดหยุ่น ($\bar{X}$ = 2.69) ตามลำดับ

วิเคราะห์ข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test (Nonparametric Tests) ได้ผลดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนกับหลังเรียน

การทดสอบ	N	($\bar{X}$)	S.D.	D	Wilcoxon Signed-Ranks Test (Z)	Sig.
ก่อนเรียน	16	6.56	3.77	7.94	-3.53	.00
หลังเรียน	16	14.50	5.06			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 20 พบว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 6.56, *S.D.* = 3.77) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X}$ = 14.50, *S.D.* =5.06) ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สรุปได้ว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้งสามด้าน โดยมีผลต่างของคะแนนปรากฏดังตารางที่ 21

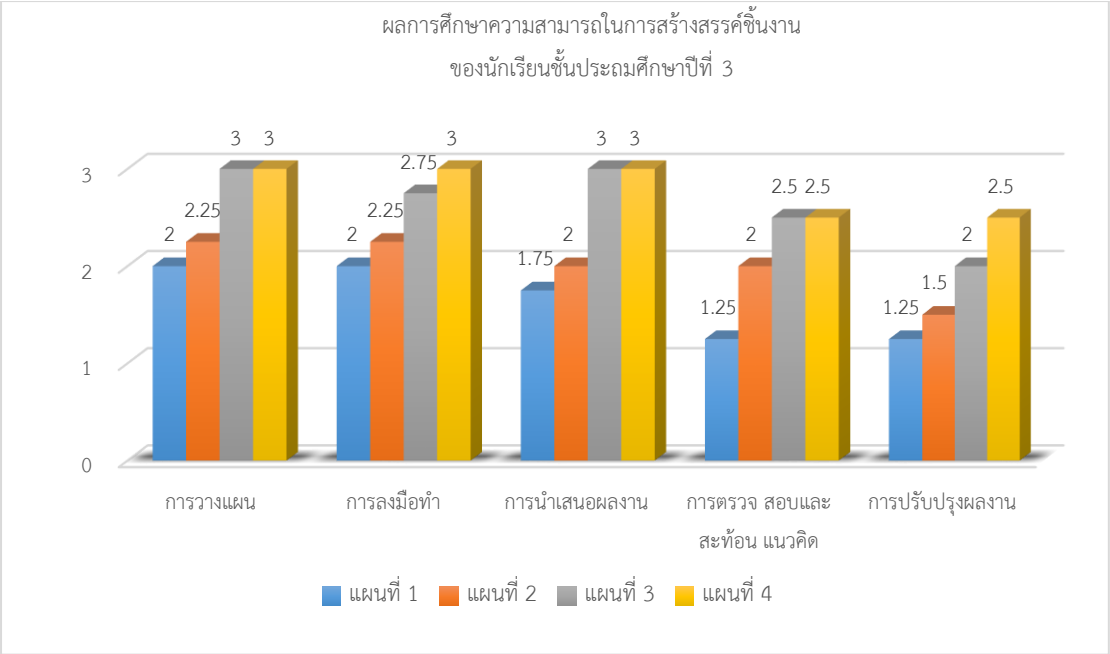
ตารางที่ 21 ผลต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน	Pre-test ($\bar{X}$)	Post-test ($\bar{X}$)	คะแนนผลต่าง (D)
ความคิดคล่อง	1.50	2.69	+1.19
ความคิดยืดหยุ่น	2.00	3.63	+1.63
ความคิดริเริ่ม	3.06	8.75	+5.69

3. ผลการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ประเมิน 5 ด้าน 1. ด้านการวางแผน 2. ด้านการลงมือทำ 3. ด้านการนำเสนอ 4. ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด 5. ด้านการปรับปรุงผลงาน จำนวน 4 ครั้ง มีคะแนนเต็มครั้งละ 15 คะแนน รวม 60 คะแนน ใช้ประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 คน โดยประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นกลุ่ม จำนวน 4 กลุ่ม จากนั้นนำคะแนนของแต่ละกลุ่มมาคิดเป็นคะแนนรวม ได้ผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

แผนการจัดการเรียนรู้	ด้านการวางแผน		ด้านการลงมือทำ		ด้านการนำเสนอผลงาน		ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด		ด้านการปรับปรุงผลงาน		$\sum x$	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
แผนที่ 1	2.00	0	2.00	0	1.75	0.5	1.25	0.50	1.25	0.5	8.25	1.65	0.30	พอใช้
แผนที่ 2	2.25	0.5	2.25	0.5	2.00	0	2.00	0	1.5	0.58	10	2.00	0.32	ดี
แผนที่ 3	3.00	0	2.75	0.5	3.00	0	2.50	0.58	2.00	0	13.25	2.65	0.22	ดีเยี่ยม
แผนที่ 4	3.00	0	3.00	0	3.00	0	2.50	0.58	2.50	0.58	14	2.80	0.23	ดีเยี่ยม



จากตารางที่ 21 พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้านการวางแผนอยู่ในลำดับที่ 1 ($\bar{X}$ = 2.56, S.D. = 0.13) ลำดับที่ 2 ด้านการลงมือทำ ($\bar{X}$ = 2.50, S.D. = 0.25) ลำดับที่ 3 ด้านการนำเสนอผลงาน ($\bar{X}$ = 2.44, S.D. = 0.13) ลำดับที่ 4 ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด ($\bar{X}$ = 2.06, S.D. = 0.40) และลำดับที่ 5 ด้านการปรับปรุงผลงาน ($\bar{X}$ = 1.81, S.D. = 0.42) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามแผนการตัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 4 แผนตามตารางที่ 17 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยรวมในระดับดี ($\bar{X}$ = 11.37, S.D. = 0.27) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลง อยู่ในลำดับที่ 1 ($\bar{X}$ = 2.80, S.D. = 0.23) ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดีเยี่ยม ลำดับที่ 2 คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้น ($\bar{X}$ = 2.65, S.D. = 0.22)ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดีเยี่ยม รองลงมา คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิม (วัสดุต่างชนิดกัน) ($\bar{X}$ = 2.00, S.D. = 0.32) ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชนิดเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน) ($\bar{X}$ = 1.65, S.D. = 0.30) ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับพอใช้ ตามลำดับ

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ผู้วิจัยได สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

5.1 ความมุ่งหมาย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม กับเกณฑ์ร้อยละ 70

2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

5.2 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 14.94) คิดเป็นร้อยละ 74.38 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งยอมรับสมมุติฐานข้อที่ 1 ที่กำหนดไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ผลการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมพบว่ามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยก่อนเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ($\overline{X}$ = 6.56, S.D. = 3.77) หลังเรียน ($\overline{X}$ = 14.50, $SD.$ = 5.06) เมื่อพิจารณารายด้านของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน ด้านความริเริ่มมากที่สุด ความคิดยืดหยุ่น และด้านความคิดคล่องตามลำดับ โดยก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามรายด้าน ($\overline{X}$ = 3.06, 2.00,1.50) หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามรายด้าน ($\overline{X}$ = 8.75, 3.63, 2.69) ตามลำดับ

3. ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนนความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานภาพรวมอยู่ในระดับ ดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้านการวางแผนอยู่ในลำดับที่ 1 ($\overline{X}$ = 2.56, S.D. = 0.13) รองลงมา คือ ด้านการลงมือทำ ($\overline{X}$ = 2.50, S.D. = 0.25) ด้านการนำเสนอผลงาน ($\overline{X}$ = 2.44, S.D. = 0.13) ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด ($\overline{X}$ = 2.06, S.D. = 0.40) และ ด้านการปรับปรุงผลงาน ($\overline{X}$ = 1.81, S.D. = 0.42) ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ผู้วิจัยได้นำผลมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ทดสอบหลังเรียนโดยใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหา 4 เรื่อง ได้แก่ 1. การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน) 2. การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุต่างชนิดกัน) 3. การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน และ 4. การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อได้รับความเย็น โดยภาพรวมมีนักเรียนที่มีคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 74.38

ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งยอมรับสมมุติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ทุกคนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนได้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีการบูรณาการเนื้อหาเชื่อมโยงหลายวิชา ฝึกฝนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน นวัตกรรม มีการสร้างสรรค์ สะท้อนปัญหาอภิปรายเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขอย่างเป็นกระบวนการ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ Starfish (2560) (Yakman และ Lee, 2012) แสดงให้เห็นว่า แนวคิดสตีม เป็นปัจจัยสำคัญ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ได้ระดมแนวคิดเชื่อมโยงความรู้หลายสาขาวิชา มีการผสมผสานกลวิธีการสอนที่หลากหลาย นักเรียนเกิดความตื่นเต้น สนุกสนาน มีความกระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ดีขึ้น (จารีพร ผลมูล, 2558) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนิสา แสงสว่าง และดุจเดือน ไชยพิชิต (2564) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อประสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียน ร้อยละ 83.33 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ในทำนองเดียวกัน มัสยา บัวผัน (2563) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุและสถานะของสสาร โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม พบว่าหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 85.75 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม มีกิจกรรมกระบวนการที่หลากหลาย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำความรู้ผ่านประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติจริงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ และคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดสตีม พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา เป็นการบูรณาการ 5 ศาสตร์วิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ ฝึกฝนกระบวนการทำงาน สามารถนำความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาได้จริงส่งผลให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผลการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม พบว่านักเรียนมีความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งเป็นการยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 โดยมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่องมากที่สุด รองลงมาคือ ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มตามลำดับ โดยนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสวรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมากที่สุดคือ 15 คะแนน น้อยที่สุด คือ 1 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 6.56 คะแนน หลังเรียนมากที่สุด คือ 25 คะแนน น้อยที่สุด คือ 9 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ย 14.50 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการวางแผนขั้นตอนการทำงาน การสร้างสรรค์ประดิษฐ์ชิ้นงานนวัตกรรมต่างๆ ได้ออกแบบและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้ตามความต้องการโดยคำนึงถึงการนำไปใช้ประโยชน์ภายใต้เงื่อนไขที่ถูกกำหนด ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เกิดเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก ต่อยอดจินตนาการเพื่อสร้างสวรรค์ชิ้นงานนวัตกรรมใหม่ ๆ เกิดเป็นความคิดสร้างสรรค์ไม่สิ้นสุด สอดคล้องกับแนวคิดของ H. Kim และ Chae (2016) Chung (2014) และ Yakman (2008) ที่ได้กล่าวว่า STEAM จะช่วยพัฒนาความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มความสนใจและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในโรงเรียนระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา แนวคิด STEAM จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน นำไปสู่การพัฒนาในอนาคตทั้งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สอดคล้องกับ งานวิจัยของรัชฎาภรณ จันทรทอง (2562) ที่ได้ศึกษาการใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ Yilip Kim (2012) Kwon, Nam, Lee (2011) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศเกาหลี พบว่า การจัดการศึกษาที่ใช้สตีมเป็นฐานนั้น ช่วยส่งเสริมการเชื่อมโยงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นรูปธรรมและยังเป็นแรงจูงใจในการพัฒนาบุคลิกภาพ นำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนประถมให้สูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ชฎาลักษณ์ จิตราช (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

และมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์สูงกว่าร้อยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง มีการผสมผสานการออกแบบและการสืบเสาะเข้าด้วยกัน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จริง นักเรียนได้ฝึกตั้งคำถามและออกแบบแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง

3. ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมพบว่า นักเรียนมีผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการวางแผนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านการลงมือทำ ด้านการนำเสนอผลงาน ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด และด้านการปรับปรุงผลงาน ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เป็นการสอนที่มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม ชิ้นงานต่าง ๆ ผ่านการบูรณาการ 5 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถนำความรู้ และเทคนิควิธีการในแต่ละศาสตร์วิชามาเชื่อมโยง ประยุกต์ใช้สร้างสรรค์เป็นนวัตกรรม ชิ้นงาน ที่มีประโยชน์

ในด้านการวางแผน เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกฝนการวางแผนจากการทำงานอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้อีกทั้งการทำงานเป็นทีมสมาชิกในกลุ่มสามารถช่วยกันเสนอความคิดเห็นตลอดจนช่วยกันคิดวางแผนงานทำให้ทักษะในด้านนี้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ด้านการลงมือทำนักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ตรงตามหัวข้อที่กำหนด โดยคำนึงถึงความเหมาะสม และความปลอดภัยในกระบวนการทำงาน ได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียน การสอน เกิดความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ด้านการนำเสนอผลงานนักเรียนมีความเข้าใจแหละสามารถนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองได้อย่างถูกต้องชัดเจน สามารบอกวัสดุที่เลือกใช้ตลอดจนอธิบายขั้นตอนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และวิธีการใช้งาน ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด นักเรียนสามารถสะท้อนแนวคิดโดยการบอกจุดเด่นและจุดด้อย ข้อบกพร่องของชิ้นงานกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ๆ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการเสนอแนวคิด วิธีการ ในการปรับปรุงชิ้นงานของแต่ละกลุ่ม ด้านการปรับปรุงผลงาน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุแนวทาง และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานกลุ่มตนเองจนมีความสมบูรณ์สามารถใช้งานได้จริงแต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถระบุ

แนวทาง แต่ไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากระยะเวลาที่มีจำกัด และแผนงานที่วางไว้ใช้เวลามากเกินไป ทำให้นักเรียนไม่สามารถทำงานได้ทันตามเวลาที่กำหนด เมื่อพิจารณาในด้านพัฒนาการของความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่าพัฒนาการทักษะการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนทั้ง 5 ด้าน ในแต่ละแผนการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งเกิดจากการการฝึกฝนลงมือปฏิบัติงานเป็นประจำจนเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการสร้างสรรค์ชิ้นงาน การทำงานอย่างเป็นระบบ ควบคู่ไปกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ในการสร้างชิ้นงานนวัตกรรมใหม่ ๆ ทั้งในด้านความรู้วิชาการและด้านผลผลิต นักเรียนได้วางแผนและออกแบบกระบวนการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบตามความสนใจและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2561) ที่ศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิต พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ระดับ ดี ในด้านความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน นักเรียนมีผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยมีความสามารถในด้านการทำงานสูงที่สุด สอดคล้องกับ จารีพร ผลมูล (2558) ที่พบว่าหน่วยบูรณา STEAM เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดจากการเรียนแบบบูรณาการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องหลากหลายเพื่อให้สอดคล้องกับความสามารถและความถนัดของตนเอง ในทำนองเดียวกัน วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้กล่าวว่า STEAM เป็น การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ ที่เชื่อมโยงความรู้ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผล การสื่อสาร การเป็นผู้นำและการทำงานร่วมกับผู้อื่น มุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต

จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

และมีความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี เนื่องจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ และได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการ 5 กลุ่มสาระความรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้เกิดการเชื่อมโยงความรู้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีเอกลักษณ์เป็นของตนเอง เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น ฝึกฝนกระบวนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน วิเคราะห์สภาพปัญหา ประเมินประสิทธิภาพของชิ้นงาน หาวิธีการปรับปรุงแก้ไข ได้ลองประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรมสิ่งใหม่ ๆ เพื่อเสริมสร้างจินตนาการต่อยอดความคิดสร้างสรรค์

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

1. บรรยากาศในการเรียนควรเต็มไปด้วยความสนุกสนาน การใช้คำถามในเชิงวิชาการมากเกินไปอาจ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความกดดัน ไม่กล้าใช้ความคิดสร้างสรรค์ ไม่กล้าแสดงออก และไม่มีปฏิสัมพันธ์ในการเรียน

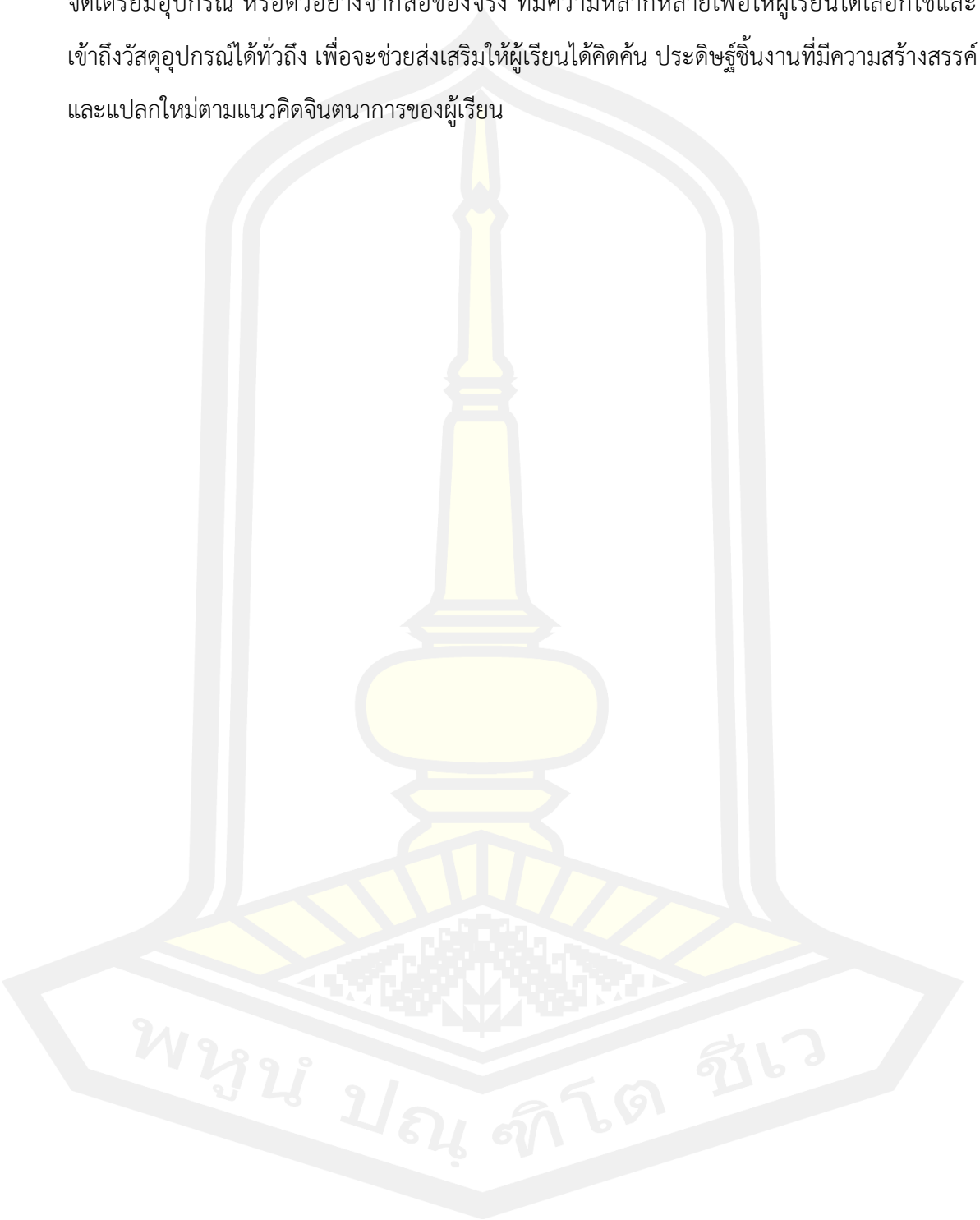
2. ครูควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน โดยทำข้อตกลงก่อนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทุกครั้ง และในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ควรหานาฬิกามาติดตั้งไว้ในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้คำนวณเวลาได้ถูกต้อง

3. ในแผนการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทำให้นักเรียนประดิษฐ์ชิ้นงานที่มีความคล้ายคลึงกันเนื่องจากขาดความมั่นใจ ครูจึงควรให้คำแนะนำ และเสริมสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียน

5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแนวทางอื่น ๆ ร่วมกับแนวคิดสตีม (STEAN EDUCATION) เพื่อช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสตีม หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพ หรือประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ หรือตัวอย่างจากสื่อของจริง ที่มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกใช้และเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ได้ทั่วถึง เพื่อจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดค้น ประดิษฐ์ชิ้นงานที่มีความสร้างสรรค์และแปลกใหม่ตามแนวคิดจินตนาการของผู้เรียน



บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2535). หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมวิชาการ. (2539). คู่มือการพัฒนาโรงเรียนเข้าสู่มาตรฐานการศึกษา: การพัฒนาความคิด สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

กรมวิชาการ. (2546). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). http://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=75

จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ *STEAM* สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ *3 :* กรณีศึกษาชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียน). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2561). การจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการและความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Education Studies, 46*(3), 69-85.

ชฎาลักษณ์ จิตราช. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ *6E Learning* ร่วมกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และคณะ. (2540). พจนานุกรมศัพท์การศึกษา. กรุงเทพฯ: ไอ.คิว.บุ๊คเซ็นต์เตอร์.

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

ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. (2539). ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ดวงกมลจำกัด.

ดนชนก เบื่อน้อย. (2559). นวัตกรรมกับความคิดสร้างสรรค์. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, *3*(1), 1-12.

ทิศนา แขมมณี. (2551). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภาพร ช่วยธานี. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้าง ข้อโต้แย้ง (*6E+A)* เพื่อ ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นุชนภา ราชนิยมมข. (2558). การศึกษาสภาพปัญหาและความพร้อมของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษากรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2553). สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

บุญรัตน์ จันทร และคณะ. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ *53*, 227-234.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). วิจัยการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. (2537). ความคิดสร้างสรรค์ที่พัฒนาได้. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางกาศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ. (2553). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. (ปริญญานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต). คณะคุรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์ชนก แพงไตร. (2558). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิด ทอแรนซ์ เรื่อง อาหารและการดำรงชีวิตเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ และคณะ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences, 4*(2), 1-14.

มัสยา บัวผัน. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

มินตรา กระเป๋าทอง. (2561). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสตีมศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ

ความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). คณะคุรุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์. (2559). การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา. (ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา). คณะคุรุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

รัชฎาภรณ จันทรทอง. (2562). การใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารพัฒนศิลป์วิชาการ *3*(1), 115-129.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education (*สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิจารณ์ พาณิช. (2556). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ *21*. กรุงเทพ: ส.เจริญการพิมพ์.

วิษณุ ทุมมี. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (*STEM Education)* ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะ เพื่อ สะ เต็ม ศึกษา: การ พัฒนาการ รับ รู้ความ สามารถ และ แรง บันดาลใจ ให้ เด็ก. *Journal of Education Studies, 45*(1), 320-334.

วีรพล แสงปัญญา. (2547). การศึกษาบุคลิกลักษณะ กระบวนการคิดสร้างสรรค์ และผลงานการสร้างสรรค์ : กรณีศึกษาบุคคลผู้สร้างสรรค์ชาวไทย ที่มีผลงานโดดเด่นในสาขาวิทยาศาสตร์ ศิลปะ และการศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา). คณะคุรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). ผลการประเมิน *PISA 2018* การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2564). ผลการวัดระดับ *ONET 2563* ในส่วนของกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดมุกดาหาร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546a). การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546b). คู่มือการวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา *Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education)*. รุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 32-36.

สมนึก ภัททิยธนี. (2558). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมศักดิ์ ภู่วิดาวรรธน์. (2537). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สมาน ถาวรรัตนวณิช. (2541). ผลของการฝึกใช้เทคนิคแผนผังทางปัญญาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *5.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานก.พ. (2560). หนังสืออิเล็กทรอนิกส์การคิดเชิงสร้างสรรค์. https://www.ocsc.go.th/download/2560/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%8C-ebook

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่*12* พ.ศ. *2560-2564*. กรุงเทพ.

สำนักงานบริหารยุทธศาสตร์และการบูรณาการการศึกษา. (2552). กิจกรรมคัดสรรในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ *1*. กรุงเทพฯ: สำนักงานบริหารยุทธศาสตร์และการบูรณาการการศึกษา.

สำนักงานรัฐมนตรี. (2558). *132/2559* รมว.ศธ.ลงนามแต่งตั้งคณะกรรมการ นโยบายสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา ข่าวสำนักงานรัฐมนตรี.

สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. (2560). แรงงานรุ่นใหม่ ขับเคลื่อนไทยแลนด์ *4.0*. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.

สุนิสา แสงสว่าง และดุจเดือน ไชยพิชิต. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learningร่วมกับการใช้สื่อประสม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 6*(6), 303-318.

หทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล. (2559). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสตีมศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. วารสาร ศึกษา ศาสตร์ ปริทัศน์, *32*(1), 123-123.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อารี พันธ์มณี. (2537). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). วิธีสอนเด็กปัญญาเลิศ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

โอปอ กลับสกุล. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางด้านการตลาดดิจิทัล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Albert, R. S. (1995). Genius and eminence. *Creativity Research Journal, 8*(2), 201-204.

An, L., และ Yang, J.-W. (2019). *Research on the Teaching Design and Experiment in Physics Education at a Junior High School Based on STEAM Education and 6E Learning Process.* Paper presented at the 2019 3rd International Conference on Education, Economics and Management Research (ICEEMR 2019).

Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning byDeSIGN™ Model, Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher, 73*(6), 14-19.

Burn, M. (2003). *Groups: Theory and Practice*: Wadsworth Publishing Co Inc; International Ed edition.

Bybee, R. W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. *84*(1), 123-127.

Council, N. R. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*: National Academies Press.

Edudemic Connecting Education & Technology. (2015). STEM vs. STEAM: Why The “A” Makes a Difference. http://www.edudemic.com/stem-vs-steam-whythe-a-makes-all-the-difference

Feldman, F. (1986). *Doing the best we can: An essay in informal deontic logic* (35): Springer Science & Business Media.

Gonzalez, H. B., และ Kuenzi, J. J. (2014). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer (97-142).

Good, T. L. a. J. E. B. (1990). *Education Psychology in Classroom*. NewYork: McGraw-Hill.

Guilford, J. P. (1947). The discovery of aptitude and achievement variables. *Science, 106*(2752), 279-282.

Hu, W., และ Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education, 24*(4), 389-403.

Kim, H., และ Chae, D.-H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(7), 1925-1936.

Kim, Y., & Park, Namje,. (2012). *Computer Science and its Applications*.

Kwon, S., Nam, D., และ Lee, T. (2011). *The effects of convergence education based STEAM on elementary school students' creative personality.* Paper presented at the Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, Chiang Mai: Asia-Pacific Society for Computers in Education.

Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science, 20*, 547-552.

Lou, S.-J., Shih, R.-C., Diez, C. R., และ Tseng, K.-H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education, 21*(2), 195-215.

Love, T. S., และ Deck, A. (2015). The ocean platform engineering design challenge: Flooded with STEM content and practices. *Science Scope, 39*(3), 33.

Michaelsen, L. K., Knight, A. B., และ Fink, L. D. (2004). *Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching*: Praeger Publishers, Westport CT 06881.

Papert, S. (1999). What is Logo? Who needs it. *LCSI*.

Piltz, A., และ Sund, R. (1968). *Creative Teaching of Science in the Elementary School Allyn & Bacon*: Inc., Boston, Massachu-setts.

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

SAR โรงเรียนบ้านนาป่ง. (2563). การจัดทำรายงานการประเมินตนเอง (*Self-Assessment Report : SAR).* จังหวัดมุกดาหาร: โรงเรียนบ้านนาป่ง.

Schoell, F. W. a. P. J. G. (1998). *Marketing*. Boston: Allyn and Bacon.

Starfish Country home School Foundation. (2560). Starfish Maker. https://docs.wixstatic.com/ugd/b61f0e_0e1b676fabfc4a0bb6737044a33aa9ed.pdf

Sternberg, R. J. (2009). *"Foreword." In The Psychology of Creative Writing, xv- xvii.*

Edited by Kaufman, Scott Barry and Kaufman, James C. New York: Cambridge University Press.

Tardif T. Z. and R. J. Sternberg. (1988). *The Nature of Creativity Contemporary Psychological Perspectives*. New York: Cornell University.

Torrance, E. (1963). *Education and the creative potential*: University of Minnesota Press.

Torrance, E., และ Talent, P. G. C. (1962). Guiding creative talent. In. New Jersey Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1964). *Role of Evaluation in Creative Thinking*. University of Minnesota: Minneapolis Bureau of Edcational Research.

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

Yakman, G. (2008). STEAM education. *An overview of creation a model of integrative education. PATT*.

Yakman, G., และ Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the korean Association for Science Education, 32*(6), 1072-1086.

Yilip Kim. (2012). *The Effect of STEAM Education on Elementary School Student's Creativity Improvement*: Springer, Berlin, Heidelberg.

Young, J. G. (1985). "What is creativity ?". *The journal of creative behavior, 2*(19), 77-87.

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รศ.ดร. ประสาท เนืองเฉลิม วุฒิการศึกษา (กศ.ด.) วิทยาศาสตร์ศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์
2. ผศ.ดร. อพันตรี พูลพุทธา วุฒิการศึกษา (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
3. นางสาวกัญญา แมดเจริญ วุฒิการศึกษา (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนดอนไทรงาม มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. นางเกสร สุขชารี วุฒิการศึกษา (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนร่องคำ มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
5. นางรุ่งฤดี มาตนาเรียง วุฒิการศึกษา (ศษ.ม.) วิทยาศาสตร์ศึกษา ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ มีความเชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว35

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม (หนังสือภายใน)

ด้วย นางสาวปัทมา จงลือชา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learnning by Design) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0621129526

ที่ อว 0605.5(2) /

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรียน ดร. อพันตรี พูลพุทธา (หนังสือภายใน)

ด้วย นางสาวปัทมา จงลือชา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learnning by Design) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0621129526

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ อว 0605.5(2)/ว35

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวกัญญา แมดเจริญ

ด้วย นางสาวปัทมา จงลือชา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learnning by Design) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0621129526

ที่ อว 0605.5(2)/ว35

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางรุ่งฤดี มาตนาเรียง

ด้วย นางสาวปัทมา จงลือชา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learnning by Design) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0621129526

ที่ อว 0605.5(2)/ว35

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางเกสร สุขชารี

ด้วย นางสาวปัทมา จงลือชา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0621129526

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ จำนวน 12 ชั่วโมง
เรื่อง การจำแนกวัสดุเพื่อสร้างวัตถุใหม่ จำนวน 3 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

วัตถุบางชิ้นประกอบขึ้นจากวัสดุชิ้นส่วนต่างๆ ที่อาจมีลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุ และการนำไปใช้ประโยชน์ วัตถุบางชิ้นสามารถแยกชิ้นส่วนเหล่านั้นออกจากกันและนำชิ้นส่วนที่เหลือทั้งหมดมาประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกัน เป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

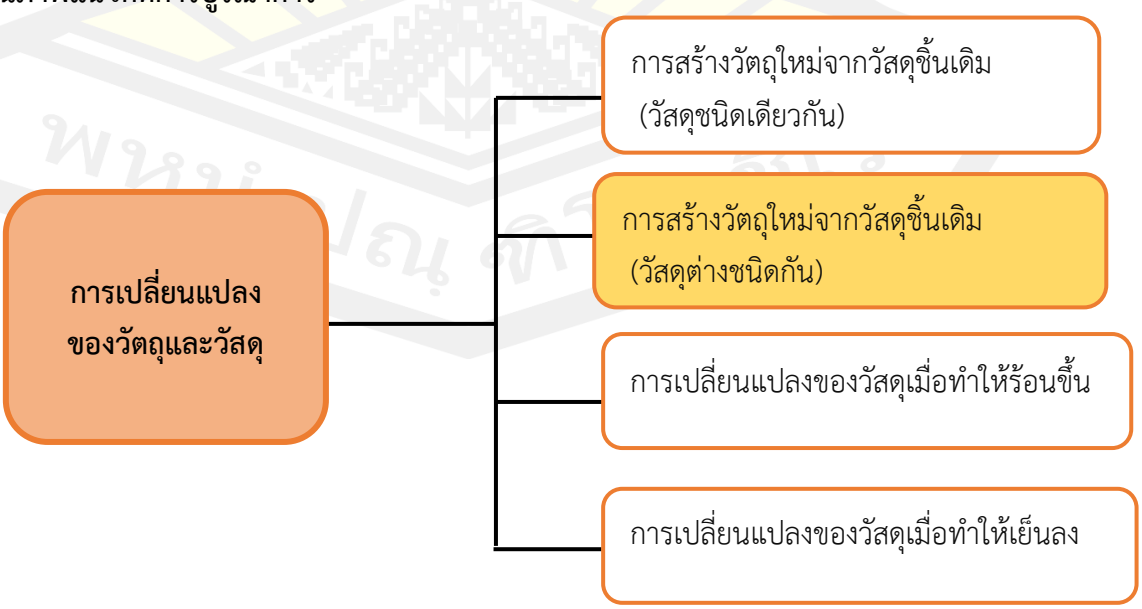
จุดประสงค์การเรียนรู้

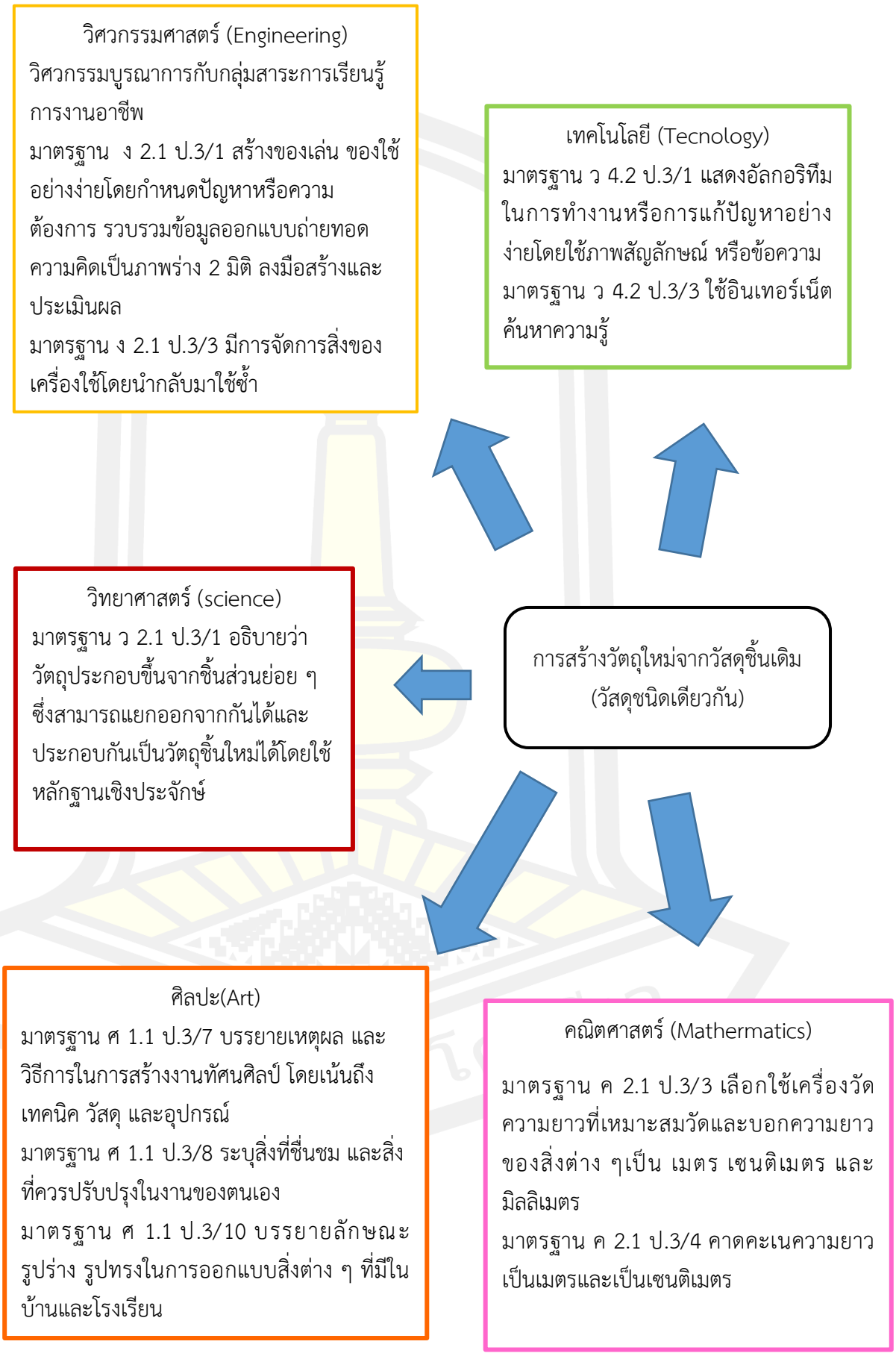
1. นักเรียนสามารถจำแนกคุณสมบัติของวัสดุได้ (K)
2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างกระถางต้นไม้จากวัสดุที่กำหนดให้ได้ (วัสดุต่างชนิดกัน) (P)
3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

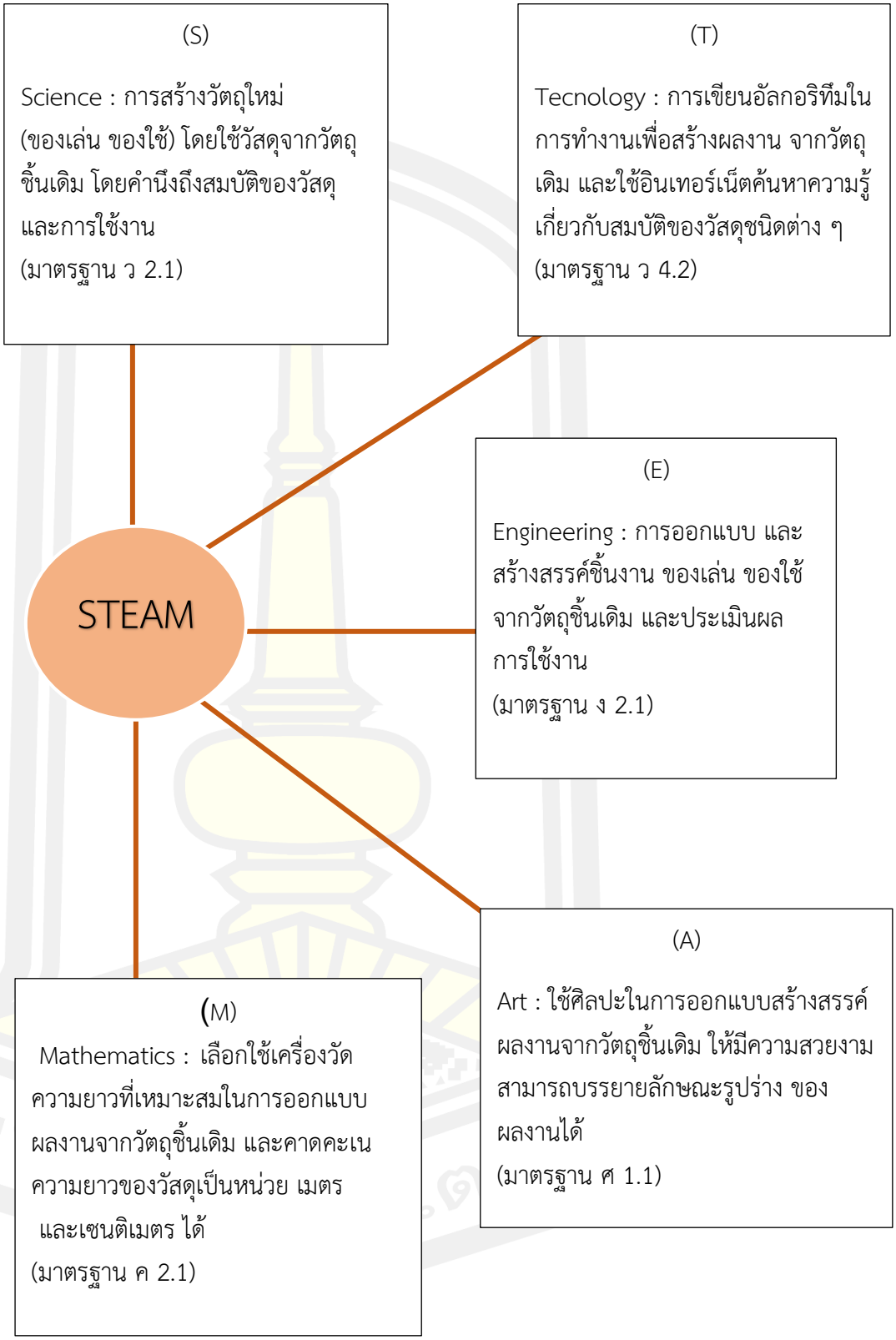
สาระการเรียนรู้

การจำแนกสมบัติวัสดุเพื่อสร้างวัตถุใหม่

แผนภาพแนวคิดการบูรณาการ




วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)
วิศวกรรมบูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ
มาตรฐาน ง 2.1 ป.3/1 สร้างของเล่น ของใช้อย่างง่ายโดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูลออกแบบถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 2 มิติ ลงมือสร้างและประเมินผล
มาตรฐาน ง 2.1 ป.3/3 มีการจัดการสิ่งของเครื่องใช้โดยนำกลับมาใช้ซ้ำ
เทคโนโลยี (Tecnology)
มาตรฐาน ว 4.2 ป.3/1 แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพสัญลักษณ์ หรือข้อความ
มาตรฐาน ว 4.2 ป.3/3 ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้
วิทยาศาสตร์ (science)
มาตรฐาน ว 2.1 ป.3/1 อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และประกอบกันเป็นวัตถุชิ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์
การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน)
ศิลปะ(Art)
มาตรฐาน ศ 1.1 ป.3/7 บรรยายเหตุผล และวิธีการในการสร้างงานทัศนศิลป์ โดยเน้นถึงเทคนิค วัสดุ และอุปกรณ์
มาตรฐาน ศ 1.1 ป.3/8 ระบุสิ่งที่ชื่นชม และสิ่งที่ควรปรับปรุงในงานของตนเอง
มาตรฐาน ศ 1.1 ป.3/10 บรรยายลักษณะรูปร่าง รูปทรงในการออกแบบสิ่งต่าง ๆ ที่มีในบ้านและโรงเรียน
คณิตศาสตร์ (Mathermatics)
มาตรฐาน ค 2.1 ป.3/3 เลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสมวัดและบอกความยาวของสิ่งต่าง ๆเป็น เมตร เซนติเมตร และมิลลิเมตร
มาตรฐาน ค 2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร


(S)
Science : การสร้างวัตถุใหม่ (ของเล่น ของใช้) โดยใช้วัสดุจากวัตถุชิ้นเดิม โดยคำนึงถึงสมบัติของวัสดุและการใช้งาน
(มาตรฐาน ว 2.1)
(T)
Tecnology : การเขียนอัลกอริทึมในการทำงานเพื่อสร้างผลงาน จากวัตถุเดิม และใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้เกี่ยวกับสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ
(มาตรฐาน ว 4.2)
STEAM
(E)
Engineering : การออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของเล่น ของใช้จากวัตถุชิ้นเดิม และประเมินผลการใช้งาน
(มาตรฐาน ง 2.1)
(M)
Mathematics : เลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสมในการออกแบบผลงานจากวัตถุชิ้นเดิม และคาดคะเนความยาวของวัสดุเป็นหน่วย เมตร และเซนติเมตร ได้
(มาตรฐาน ค 2.1)
(A)
Art : ใช้ศิลปะในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานจากวัตถุชิ้นเดิม ให้มีความสวยงาม สามารถบรรยายลักษณะรูปร่าง ของผลงานได้
(มาตรฐาน ศ 1.1)

บทบาทของนักเรียนในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างวัตถุใหม่จากวัสดุชิ้นเดิม (วัสดุชนิดเดียวกัน)

คาบที่	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการแบบ STEAM	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน
1 (60 นาที)	ขั้นการสร้างความสนใจ (10 นาที)	S	1. ครูให้นักเรียนเล่นเกม อะไรอยู่ในกล่อง โดย ครูจะมีกล่องปริศนา ซึ่งภายในกล่องปริศนา จะมี ของเล่นของใช้ สองชิ้น คือ ตะแกรง ด้ามไม้ และของเล่นยางยืด นักเรียนทุกคนจะต้องล้วงมือลงไปในกล่องคนละ 10 วินาที เพื่อสัมผัสกับของเล่นของใช้ทั้งสองชิ้น 2. หลังจากที่นักเรียนได้สัมผัส ของเล่นของใช้ในกล่องปริศนาจนครบทุกคนแล้วครูจึงถาม ว่า - ของเล่นของใช้ ที่นักเรียนสัมผัสได้มีลักษณะอย่างไร - นักเรียนคิดว่า ของเล่นของใช้ ในกล่องปริศนาคืออะไร 3. ครูเฉลย ของเล่น ของใช้ ในกล่องปริศนาคือ ตะแกรงด้ามไม้ และของเล่น ยางยืด แล้วถามนักเรียนว่า - ตะแกรงด้ามไม้ ทำจากวัสดุอะไร และ ของเล่นยางยืดทำจากวัสดุอะไร - นักเรียนเห็นความแตกต่างอะไรจาก ตะแกรงด้ามไม้ และของเล่นยางยืด - นักเรียนคิดว่านอกจากตะแกรงด้ามไม้แล้ว มีของเล่น ของใช้อะไรบ้างที่ประกอบขึ้น จากวัสดุ มากกว่า 1 ชนิด	1. นักเรียนทบทวนความรู้ เดิมโดยผ่านการเล่มเกม อะไรอยู่ในกล่อง โดย จะต้องคาดคะเนว่าของเล่นของใช้ที่อยู่ในกล่อง คืออะไร และทำมาจาก วัสดุกี่ชนิด อะไรบ้าง 2. ช่วยกันวิเคราะห์ว่า ของเล่น ของใช้ อะไรบ้าง ที่ทำจากวัสดุมากกว่า 1 ชนิด

คาบที่	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการแบบ STEAM	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน
1	ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)	S,T	1. แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีสมาชิกจำนวน 4 คน 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับตะกร้าของเล่น ของใช้ (มีทั้งของเล่น ของใช้ที่ทำจากวัสดุ ชนิดเดียว และของเล่น ของใช้ที่ทำจากวัสดุ มากกว่าหนึ่งชนิด) และใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ เพื่อให้นักเรียนช่วยกันเลือกของเล่น ของใช้ ทำจากวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดแล้วจำแนกว่า ในของเล่น ของใช้ นั้นๆ ทำจากวัสดุอะไรบ้าง บันทึกผลลงในใบ กิจกรรมที่ 1 โดยนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากอินเทอร์เน็ต และหนังสือเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	1. นักเรียนแบ่งกลุ่มตามเงื่อนไขที่กำหนด 2. วิเคราะห์ว่า ของเล่น ของใช้ ในตะกร้า ทำมาจากวัสดุอะไรบ้าง โดยสืบค้นจากหนังสือเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น ป.3 ร่วมกับการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต จากนั้นบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1
	ขั้นอธิบาย (20 นาที)	S	1. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ นักเรียนต้องสามารถอธิบายได้ว่าของเล่น ของใช้ แต่ละชนิดทำจากวัสดุกี่ชนิด มีวัสดุอะไรบ้าง โดยให้เพื่อนในชั้นเรียน สามารถซักถามข้อสงสัยจากกลุ่มที่นำเสนอได้ 2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการจำแนกวัสดุ โดย ครูนำเสื้อยืดให้นักเรียน ดูแล้วถามว่า - เสื้อยืดทำมาจากวัสดุอะไร จากนั้นนำเสื้อกันฝนให้นักเรียนดูแล้วถามว่า - เสื้อกันฝนทำมาจากวัสดุอะไร - ทำไมเสื้อกันฝนถึงไม่ทำจากผ้า	1. นำเสนอใบกิจกรรมที่ 1การจำแนกวัสดุ 2. อภิปรายและสรุปความรู้ เกี่ยวกับการจำแนกวัสดุ อธิบายหลักการเลือกใช้ วัสดุในการประดิษฐ์ ของเล่น ของใช้

คาบที่	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการแบบ STEAM	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน
			ทั้งที่มีรูปทรงคล้ายกับเสื้อยืด - การที่นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุในการประดิษฐ์ ของเล่น ของใช้ นั้นต้องคำนึงถึงอะไร	
2 (60 นาที)	ขั้นวิศวกรรม (60 นาที)	S,T,E,A,M	1. ครูทบทวนความรู้เดิมโดยหยิบตุ๊กตาขึ้นมาให้ นักเรียนดู แล้วสุ่มถามนักเรียนว่า - ของเล่นชิ้นนี้ทำจากวัสดุ อะไรบ้าง - ถ้านักเรียนต้องการประดิษฐ์ ของเล่นชิ้นนี้ นักเรียนจะต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับชุดกิจกรรมกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า ซึ่งในชุดกิจกรรมจะประกอบด้วยของเล่นของใช้ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเลือกแยกวัสดุจาก ของเล่น ของใช้ ชิ้นเดิม นำมาออกแบบและประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ที่สามารถใช้งานได้จริง โดยบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 2 กระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่าพร้อมกับตั้งชื่อผลงาน บอกขนาดของผลงานโดยใช้หน่วยการวัด บอกวัสดุที่เลือกใช้ บอกประโยชน์ของผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันเขียนขั้นตอนการทำงานลงในกระดาษเพื่อวางแผนกำหนดทิศทางการทำงานของกลุ่มตนเอง 3. เริ่มทำงานตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้	1. วิเคราะห์ว่า ตุ๊กตาทำจากวัสดุ ชนิดใดบ้าง 2. ช่วยกันวิเคราะห์ว่าของเล่นของใช้ในตะกร้าชิ้นใดบ้างที่สามารถแยกวัสดุออกมาเผื่อนำไปประดิษฐ์กระถางต้นไม้ได้ 2. ร่วมกันออกแบบผลงานกระถางต้นไม้ จากนั้นเขียนอัลกอลิทึมเพื่อวางแผนขั้นตอนการทำงาน การประดิษฐ์ 3.ประดิษฐ์ผลงานตามที่ได้วางแผนไว้ โดยมีการ ตั้งชื่อผลงาน ระบุขนาดของผลงาน เป็นหน่วยเมตรเซนติเมตร

คาบที่	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการแบบ STEAM	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน
3	ขั้นปรับปรุง (40 นาที)	S,A,E	1. นักเรียนแต่ล่ะกลุ่มออกมานำเสนอผลงานตนเอง 2. เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จ ครูให้แต่ละกลุ่มนำผลงานของตัวเองมาวางเรียงกันหน้าชั้นเรียน จากนั้นใส่ดินลงในกระถาง แล้วรดน้ำ เพื่อทดสอบให้นักเรียนเห็นว่ากระถางของ นักเรียนกลุ่มใดบ้างที่สามารถใช้งานได้จริง 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายจุดเด่นและจุดที่ต้องพัฒนาของผลงานกลุ่มตนเองโดยมีครู และนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ช่วยกันเสนอแนะเพิ่มเติม 4. นักเรียนช่วยกันปรับปรุงแก้ไขผลงานที่ยังมีความบกพร่องของกลุ่มตนเอง	1. นำเสนอผลงานกลุ่มของตนเอง มีการอธิบายลักษณะของผลงาน การใช้งานประโยชน์ของผลงานพร้อมทั้งทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มบอกจุดเด่น และจุดที่ต้องพัฒนาของผลงานกลุ่มตนเอง 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันปรับปรุงแก้ไขผลงานที่ยังมีความบกพร่องของกลุ่มตนเอง
	ขั้นประเมินผล (20 นาที)	**S,E**	1. ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข ของแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งพิจารณาถึงข้อสงสัยและปัญหาต่างๆ จากการปฏิบัติกิจกรรมในห้องเรียน 2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการจำแนกคุณสมบัติของวัสดุจาก ของเล่น ของใช้ เก่าเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นผลงานใหม่ โดยใช้แนวคำถามดังนี้ - ในการเลือก ของเล่น ของใช้ เดิมเพื่อนำมา แยกวัสดุประดิษฐ์ เป็นกระถางต้นไม้ใหม่ นักเรียนคำนึงถึงอะไรบ้าง - นอกจากวัสดุ ที่ได้จากของเล่นของใช้เก่า ในตะกร้าแล้ว นักเรียนคิดว่าเรา	1. ร่วมกันประเมินผลงานที่ผ่าน การปรับปรุงแก้ไข ของแต่ละกลุ่มช่วยกัน เสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ ผลงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น 2. ประเมินความเข้าใจของ ตนเองผ่านการตอบคำถาม 3. ซักถามข้อสงสัยจากครูหรือบอกเล่าปัญหาต่างๆ จากการปฏิบัติกิจกรรมในห้องเรียน

คาบที่	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการแบบ STEAM	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน
			สามารถนำวัสดุอื่นๆ มาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ได้หรือไม่ ถ้าได้เช่นอะไร	
3			2. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ - จากภาพตะหลิวทำไมตะหลิวจึงต้องมีด้ามจับที่ทำจากไม้ - นอกจากตะหลิวแล้วมีของเล่นของใช้อะไรบ้างที่มีหลักการเลือกใช้วัสดุคล้ายกับตะหลิว - ทำไมกรรไกรจึงต้องมีด้ามจับเป็นพลาสติก	

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

1.1 ครูให้นักเรียนเล่นเกม อะไรอยู่ในกล่อง โดยครูจะมีกล่องปริศนา ซึ่งภายในกล่องปริศนาจะมี ของเล่น ของใช้ สองชิ้น คือ ตะแกรงด้ามไม้ และของเล่นยางยืด นักเรียนทุกคนจะต้องล้วงมือลงไปในกล่องคนละ 5 วินาที เพื่อสัมผัสกับของเล่นของใช้ทั้งสองชิ้น

1.2 หลังจากที่นักเรียนได้สัมผัส ของเล่น ของใช้ ในกล่องปริศนาจนครบทุกคนแล้วครูจึงถามว่า

- ของเล่นของใช้ ที่นักเรียนสัมผัสได้มีลักษณะอย่างไร
- นักเรียนคิดว่า ของเล่นของใช้ ในกล่องปริศนาคืออะไร

1.3 ครูเฉลย ของเล่น ของใช้ ในกล่องปริศนาคือ ตะแกรงด้ามไม้ และของเล่นยางยืด แล้วถามนักเรียนว่า

- ตะแกรงด้ามไม้ ทำจากวัสดุอะไร และ ของเล่นยางยืดทำจากวัสดุอะไร
  (ตะแกรงด้ามไม้ทำจาก โลหะ และไม้ ของเล่นยางยืดทำจากยาง)
- นักเรียนเห็นความแตกต่างอะไรจาก ตะแกรงด้ามไม้ และของเล่นยางยืด
  (ตะแกรงด้ามไม้ทำจากวัสดุ 2 ชนิด แต่ของเล่นยางยืดทำจากวัสดุ ชนิดเดียว)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ และค้นหา (Explore)

2.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีสมาชิกจำนวน 4 คน

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับ ตะกร้าของเล่น ของใช้ (มีทั้งของเล่น ของใช้ที่ทำจากวัสดุชนิดเดียว และของเล่น ของใช้ที่ทำจากวัสดุ มากกว่าหนึ่งชนิด) และใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ เพื่อให้นักเรียนช่วยกันเลือก ของเล่น ของใช้ ทำจากวัสดุมากกว่าหนึ่ง ชนิดแล้วจำแนกว่า ในของเล่น ของใช้ นั้นๆ ทำจากวัสดุอะไรบ้าง บันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 โดยนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากอินเทอร์เน็ต และหนังสือเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explain)

3.1 ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ นักเรียนต้องสามารถอธิบายได้ว่าของเล่น ของใช้ แต่ละ ชนิดทำจากวัสดุกี่ชนิด มีวัสดุอะไรบ้าง โดยให้เพื่อนในชั้นเรียนสามารถซักถามข้อสงสัยจากกลุ่มที่นำเสนอได้

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับ การจำแนกวัสดุ โดย ครูนำเสื้อยืดให้นักเรียนดูแล้วถามว่า

- เสื้อยืดทำมาจากวัสดุอะไร

จากนั้นนำเสื้อกันฝนให้นักเรียนดูแล้วถามว่า

- เสื้อกันฝนทำมาจากวัสดุอะไร ทำไมเสื้อกันฝนถึงไม่ทำจากผ้าทั้งที่มีรูปทรงคล้ายกับเสื้อยื
- การที่นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุในการประดิษฐ์ ของเล่น ของใช้ นั้นต้องคำนึงถึงอะไร

ขั้นที่ 4 ขั้นวิศวกรรม (Engineer)

4.1 ครูทบทวนความรู้เดิมโดยหยิบตุ๊กตาขึ้นมาให้นักเรียนดู แล้วสุ่มถามนักเรียนว่า

- ของเล่นชิ้นนี้ทำจากวัสดุ อะไรบ้าง
- ถ้านักเรียนต้องการประดิษฐ์ ของเล่นชิ้นนี้ นักเรียนจะต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับชุดกิจกรรมกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า ซึ่งในชุดกิจกรรมจะประกอบด้วยของเล่นของใช้ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเลือกแยกวัสดุจาก ของเล่น ของใช้ ชิ้นเดิม นำมาออกแบบ และประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ที่สามารถใช้งานได้จริง โดยบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 2 กระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า พร้อมกับตั้งชื่อผลงาน บอกขนาดของผลงานโดยใช้หน่วยการวัด บอกวัสดุที่เลือกใช้ บอกประโยชน์ของผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันเขียนขั้นตอนการทำงานลงในกระดาษเพื่อวางแผนกำหนดทิศทางการทำงานของกลุ่มตนเอง

4.3 เริ่มทำงานตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุง (Enrich)

5.1 นักเรียนแต่ล่ะกลุ่มออกมานำเสนอผลงานตัวเอง

5.2 เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จ ครูให้แต่ละกลุ่มนำ ผลงานของตัวเองมาวางเรียงกันหน้าชั้นเรียน จากนั้นใส่ดินลงในกระถาง แล้วรดน้ำ เพื่อทดสอบให้นักเรียนเห็นว่ากระถางของ นักเรียนกลุ่มใดบ้างที่สามารถใช้งานได้จริง

5.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายจุดเด่น และจุดที่ต้องพัฒนาของผลงานกลุ่มตนเองโดยมีครู และนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ช่วยกันเสนอแนะเพิ่มเติม

5.4 นักเรียนช่วยกันปรับปรุงแก้ไขผลงานที่ยังมีความบกพร่องของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluate)

6.1 ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข ของแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งพิจารณาถึงข้อสงสัยและปัญหาต่างๆ จาก การปฏิบัติกิจกรรมในห้องเรียน

6.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการจำแนกคุณสมบัติของวัสดุจาก ของเล่น ของใช้ เก่าเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นผลงานใหม่ โดยใช้แนวคำถามดังนี้

- ในการเลือก ของเล่น ของใช้ เดิมเพื่อนำมาแยกวัสดุประดิษฐ์ เป็นกระถางต้นไม้ใหม่ นักเรียนคำนึงถึงอะไรบ้าง

- นอกจากวัสดุ ที่ได้จากของเล่นของใช้เก่า ในตะกร้าแล้ว นักเรียนคิดว่าเราสามารถนำวัสดุอื่นๆ มาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ได้หรือไม่ ถ้าได้เช่นอะไร

6.3 ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้

- จากภาพตะหลิวทำไมตะหลิวจึงต้องมีด้ามจับที่ทำจากไม้

- นอกจากตะหลิวแล้วมีของเล่นของใช้อะไรบ้างที่มีหลักการเลือกใช้วัสดุคล้ายกับตะหลิว

- ทำไมกรรไกรจึงต้องมีด้ามจับเป็นพลาสติก

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. เกมกล่องปริศนา (ตะแกรงด้ามไม้, ของเล่นยางยืด)
2. ของเล่น ของใช้ตัวอย่าง (เสื้อยืด, เสื้อกันฝน)
3. ตะกร้าของเล่นของใช้ และใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ
4. ชุดกิจกรรมกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า
5. ชุดทดสอบกระถางต้นไม้ (ที่รองกระถางต้นไม้, บัวรดน้ำ)
6. หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถจำแนกคุณสมบัติของวัสดุได้ (K)	ประเมินจากการทำใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ	ใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ	ได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไป (6 คะแนน)
2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างกระถางต้นไม้จากวัสดุที่กำหนดให้ได้ (วัสดุต่างชนิดกัน) (P)	ประเมินจากความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า	แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า	มีความความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป (12 คะแนน)
3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	ประเมินจากแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน (ความมุ่งมั่นในการทำงาน)	แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน (ความมุ่งมั่นในการทำงาน)	มีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป (4 คะแนน)

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

ผลการจัดกาเรียนรู้.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวปัทมา จงลือชา)

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

ความคิดเห็นของผู้อำนวยการ

.....

.....

.....

.....

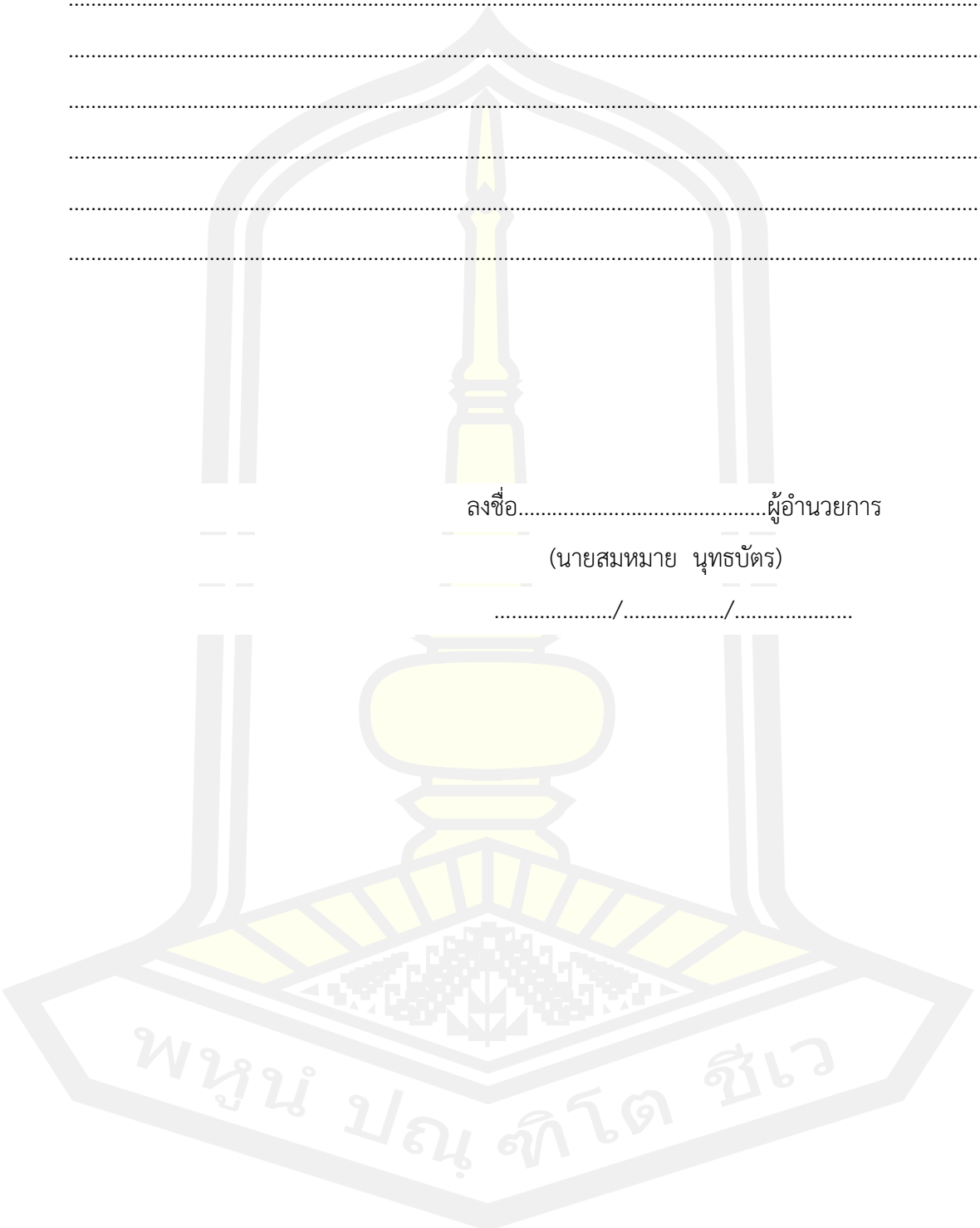
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้อำนวยการ

(นายสมหมาย นุทธบัตร)

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



ใบกิจกรรมที่ 1 การจำแนกวัสดุ

กลุ่มที่ .....
สมาชิก .....
.....
.....

คำสั่ง ให้นักเรียนบอกว่าของเล่น ของใช้ ในตะกร้า ทำจากวัสดุใดบ้าง

ตัวอย่าง

ของเล่นของใช้ : พวงกุญแจ

วัสดุ : พลาสติก, โลหะ

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ของเล่นของใช้ : .....

วัสดุ : .....

.....

ชุดกิจกรรมกระถางต้นไม้ใหม่จากของเล่นของใช้เก่า

คำชี้แจง นักเรียนจะต้องช่วยกันเลือกวัสดุจากของเล่นของใช้ในตะกร้ามาออกแบบ

และประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้โดยในการออกแบบต้องระบุว่าวัสดุที่เลือกใช้มาจากของเล่นของใช้ชิ้นใด

ชื่อผลงาน.....

ของเล่น ของใช้ชิ้นเดิม	วัสดุที่ได้จาก ของเล่น ของใช้ชิ้นเดิม	

ประโยชน์.....

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

(ความมุ่งมั่นในการทำงาน)

กลุ่มที่	ชื่อ – สกุล	รายการการประเมิน / ระดับคะแนน								รวม (6)	ผลการประเมิน
		ความสนใจใฝ่เรียนรู้									
		ความมุ่งมั่นในการทำงาน				การมีส่วนร่วมในการเรียน					
		3	2	1	0	3	2	1	0		
สีน้ำเงิน	เด็กชายคมกริช ต่อซอน										
	เด็กหญิงเกวลิน ไตรยวงค์										
	เด็กชายจตุรวิทย์ คำหนัน										
	เด็กหญิงธนภรณ์ แข็งแอ										
สีชมพู	เด็กชายคมสัน คูณสาร										
	เด็กชายศิริภพ แสนศรี										
	เด็กหญิงแก้วฤดี ใจน้อย										
	เด็กหญิงภณิดา ผิวชัย										
สีส้ม	เด็กชายณัฐวัฒน์ หมันสิงห์										
	เด็กชายอดิเทพ ต่อซอน										
	เด็กหญิงลัดดาภรณ์ ต่อซอน										
	เด็กหญิงขวัญใจ สุรินทร										
สีเขียว	เด็กชายวีระชัย ผิวทอง										
	เด็กชายสุรยุทธ์ แสนศรี										
	เด็กหญิงวนิดา กาเผือก										
	เด็กชายยุทธนา สีหาจันทร์										

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 5-6 คะแนน หมายถึง ดีมาก

คะแนน 4 คะแนน หมายถึง ดี

คะแนน 3 คะแนน หมายถึง พอใช้

คะแนน 2 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

หมายเหตุ : นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุและวัสดุ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในคำตอบที่ถูกต้อง

1. ได้จากธรรมชาติ มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เป็นสนิม มีรูปร่างคงตัว และมีพื้นผิวเรียบ ไม่กันน้ำ เมื่อได้รับความชื้นนาน ๆ อาจผุได้ ข้อความข้างต้นเป็นสมบัติของวัสดุชนิดใด

ก. พลาสติก
<u>ข. ไม้</u>
ค. ยาง
ง. โลหะ

2. วัสดุในข้อใดสามารถนำไฟฟ้าได้

ก. พลาสติก
ข. แก้ว
ค. ยาง
<u>ง. โลหะ</u>

3. ลังกระดาษ สามารถนำไปประดิษฐ์สร้างสรรค์เป็น ของเล่น ของใช้ ใดจึงจะมีความเหมาะสมที่สุด

ก. ตุ๊กตา
ข. พรมเช็ดเท้า
ค. แก้วน้ำ
<u>ง. กล่องเสียบดินสอ</u>

4. วัสดุใดที่ช่วยป้องกันความปลอดภัยเมื่อใช้งานของเล่น ของใช้ ในภาพ

ก. โลหะ ข. ไม้
<u>ค. พลาสติก</u> ง. กระดาษ

5. ถ้านักเรียนมีวัสดุตามภาพ เพียงชนิดเดียว นักเรียนจะนำไปประดิษฐ์ ของเล่น ของใช้ใดจึงจะมีความเหมาะสม

ก. กล่องใส่ของ <u>ข. ซองจดหมาย</u>
ค. กิ๊บติดผม ง. แจกันใส่ดอกไม้

6. ของเล่น ของใช้ในข้อใดทำจากวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไป

ก. ไม้บรรทัด

ข. ยางลบ

ค. กระดาษ

<u>ง. ดินสอ</u>

7. ของเล่น ของใช้ ในข้อใดทำจากวัสดุเพียงชนิดเดียว

ก.

ข.

<u>ค.</u>

ง.

8. ในการประดิษฐ์กระถางต้นไม้ควรคำนึงถึงข้อใดเป็นสำคัญ

ก. เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก

<u>ข. มีคุณสมบัติเหมาะสม และมีความปลอดภัย</u>

ค. ราคาแพง และมีความทนทานสูง

ง. มีความสวยงาม และแปลกใหม่

9. ข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อได้รับความร้อนที่ถูกต้อง

ก. ช็อคโกแลตเมื่อได้รับความร้อนจะรวมตัวกันเป็นก้อนแข็ง

ข. ดินน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนเกิดการแข็งตัว และเปลี่ยนสี

ค. น้ำเมื่อนำไปต้มจะละลายกลายเป็นน้ำร้อน

<u>ง. กระดาษเมื่อนำไปเผาไฟจะกลายเป็นขี้เถ้า</u>

10. การเปลี่ยนแปลงวัสดุเมื่อ**<u>ทำให้ร้อนขึ้น</u>** จากข้อความคำที่ขีดเส้นใต้มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. การลดอุณหภูมิให้วัสดุ

ข. การลดความร้อนให้วัสดุ

<u>ค. การเพิ่มอุณหภูมิให้วัสดุ</u>

ง. การเพิ่มความเย็นให้วัสดุ

11. ข้อใดไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน

ก. การจุดเทียน ข. การทอดไข่

<u>ค. การซักผ้า</u> ง. น้ำแข็งละลาย

12. วัสดุที่นำมาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ควรมีสมบัติดังต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด

ก. น้ำหนักเบา

ข. ระบายน้ำได้ดี

ค. เปราะบาง แตกหักง่าย

<u>ง. มีรูพรุนรอบๆช่วยระบายอากาศ</u>

13. มะนาวต้องการปลูกดอกไม้แขวนที่ระเบียงห้องนอน จึงมองหาวัตถุที่จะนำมาใช้แทนกระถาง ถ้านักเรียนเป็นมะนาวนักเรียนจะเลือกใช้วัตถุใดมาประดิษฐ์เป็นกระถางดอกไม้

ก. กล่องกระดาษ

ข. แจกันเซรามิก

<u>ค. ขวดพลาสติก</u>

ง. กล่องโฟม

14. ของเล่น ของใช้ ในข้อใดสามารถนำมาสร้างบ้านจำลองที่tสามารถทนต่อความร้อนของแสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด

ก. ไม้ไอศกรีม ดินน้ำมัน ตะปู

ข. ดินน้ำมัน ดินเหนียว ไม้ไอศกรีม

ค. ดินเหนียว ไม้ไอศกรีม เทียนไข

<u>ง. ไม้ไอศกรีม ตะเกียบ ดินเหนียว</u>

15. ข้อใดไม่ใช่การนำความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้เย็นลงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ก. การทำไอติมหลอด

ข. การทำวุ้นมะพร้าว

<u>ค. การทอดไข่ดาว</u>

ง. การทำน้ำแข็งก้อน

16. การสร้างบ้านจำลองที่สามารถทนต่อความร้อนของแสงอาทิตย์ต้องคำนึงถึงหลักการต่อนี้ ยกเว้นข้อใด

ก. สมบัติของวัสดุที่เลือกใช้

ข. ความปลอดภัยในการเลือกใช้วัสดุ

<u>ค. ความแปลกใหม่ และความหรูหรา</u>

ง. ความคุ้มค่า และความคงทน

17. การเปลี่ยนแปลงวัสดุเมื่อ<u>**ทำให้เย็นลง**</u> จากข้อความคำที่ขีดเส้นใต้มีความหมายตรงกับข้อใด

<u>ก. การลดอุณหภูมิให้วัสดุ</u>

ข. การลดความร้อนให้วัสดุ

ค. การเพิ่มอุณหภูมิให้วัสดุ

ง. การเพิ่มความเย็นให้วัสดุ

18. ข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงของน้ำเมื่อทำให้เย็นลง

ก. กลายเป็นไอน้ำ

<u>ข. กลายเป็นน้ำแข็ง</u>

ค. กลายเป็นหยดน้ำ

ง. กลายเป็นละอองน้ำ

19.ป้อมต้องการซื้อไอศกรีมไปฝากน้องที่บ้าน ระหว่างทางป้อมกลัวไอศกรีมละลายก่อนถึงบ้าน ถ้านักเรียนเป็นป้อมจะมีวิธีแก้ไขปัญหาอย่างไร

ก. นำไอศกรีมใส่ถุงพลาสติกแล้วเติมน้ำแข็งใส่

ข. นำไอศกรีมใส่ถุงกระดาษแล้วเติมน้ำแข็งใส่

<u>ค. นำไอศกรีมใส่กล่องโฟมแล้วเติมน้ำแข็งใส่</u>

ง นำไอศกรีมใส่กล่องกระดาษแล้วเติมน้ำแข็งใส่

20. ฟ้ามีเสื้อยืดเก่าจำนวนหนึ่งเขาต้องการนำเสื้อเหล่านี้มาประดิษฐ์เป็นวัตถุชิ้นใหม่จำนวนสองชิ้น เขาจะสามารถประดิษฐ์ ของเล่น ของใช้ใดได้บ้าง

ก. ผ้าเช็ดมือ โคมไฟ

ข. เสื้อกันฝน กล่องใส่ของ

<u>ค. ตุ๊กตา ผ้าเช็ดมือ</u>

ง. กรอบรูป ตุ๊กตา

ภาคผนวก ง
แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

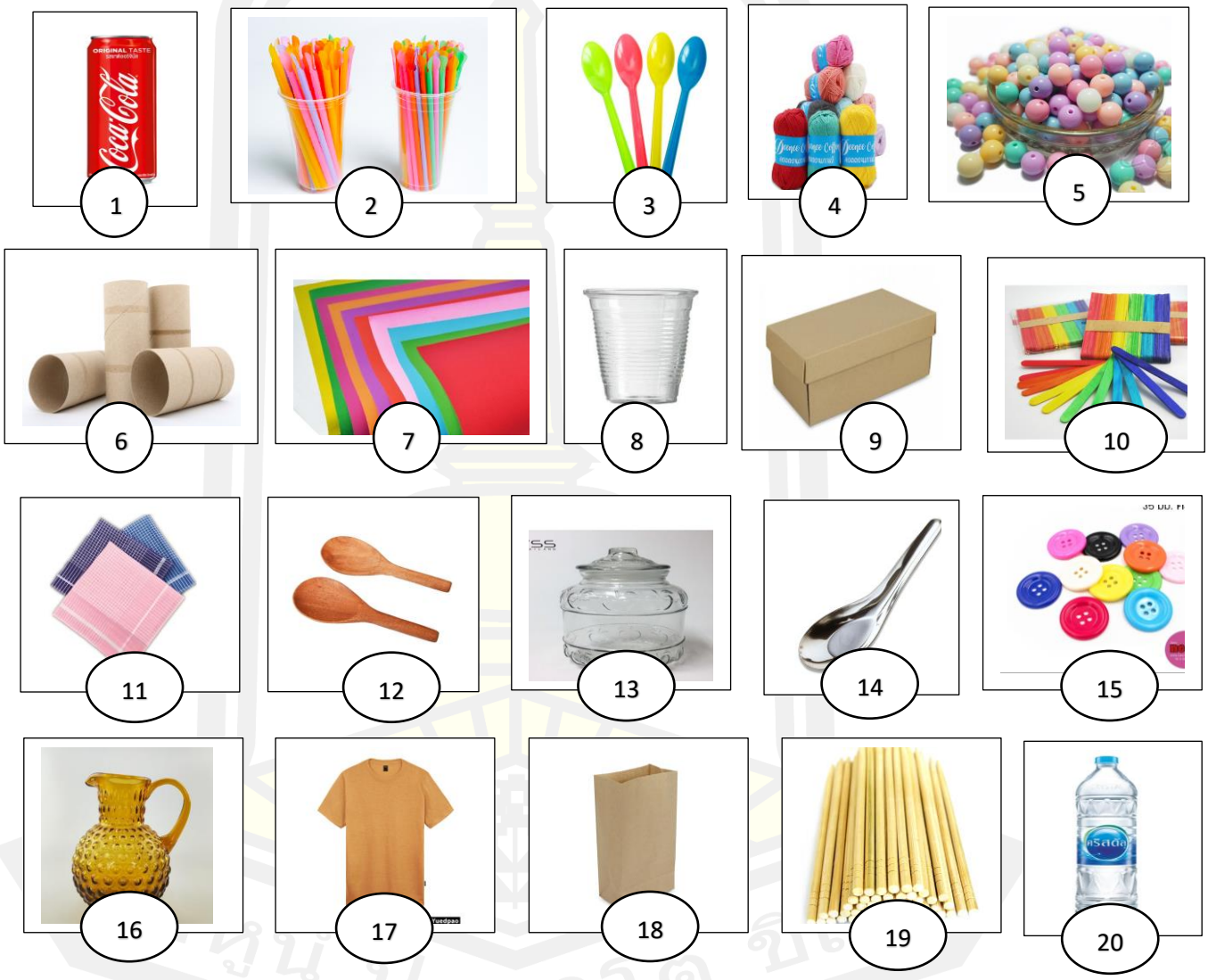
คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีข้อสอบทั้งหมด 2 ข้อย่อย ให้นักเรียนทำให้ครบทุกข้อ
2. ในการทำข้อสอบนั้นจะมีเวลาทำ 30 นาที เนื่องจากเวลาจำกัดมาก การรักษาเวลาจึงเป็นสิ่งสำคัญ นักเรียนจะต้องทำด้วยความรวดเร็วภายใต้เงื่อนไขของแต่ละกิจกรรมที่กำหนด
3. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามรถของแต่ละบุคล ดังนั้นนักเรียน จะต้องทำด้วยตนเองและห้ามถามหรือบอกกับเพื่อน
4. นักเรียนจะได้คะแนนที่สูงถ้าหากนักเรียนตอบตามเงื่อนไขที่ได้ระบุ เช่น มีจำนวนมากที่สุด มีเหตุผลมีแนวคิดที่แตกต่างไปจากคนอื่น และสามารถเกิดขึ้นได้จริง
5. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล และเลขที่ ให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำแบบทดสอบฉบับนี้

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วหาคำตอบ

ในเช้าวันเสาร์เด็กหญิงมะนาวได้ทำความสะอาดห้องนอนของตนเองพบว่า ภายในห้องนอนมีของเล่น – ของใช้ ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มากมายดังนี้



1. กระป๋องน้ำอัดลม	2. หลอด	3. ช้อน	4. ไหมพรม	5. ลูกปัด
6. แกนทิชชู่	7. กระดาษสี	8. แก้วน้ำ	9. กล่อง	10. ไม้ไอศกรีม
11. ผ้าเช็ดหน้า	12. ทัพพี	13. ขวดโหล	14. ช้อนสแตนเลส	15. กระดุม
16. เหยือกน้ำ	17. เสื้อเก่า	18. ถุงกระดาษ	19. ตะเกียบ	20. ขวดน้ำ

1. ถ้ามะนาวต้องการจัดหมวดหมู่ ของเล่น – ของใช้ ในห้องโดยใช้เนื้อวัสดุเป็นเกณฑ์ มะนาวจะจัดแบ่งของเล่น – ของใช้ ได้กี่หมวด แต่ละหมวดมีอะไรบ้าง

หมวด	ของเล่น – ของใช้

ชื่อ .....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

2. มะนาวต้องการนำ ของเล่น – ของใช้ ชิ้นเดิมที่มีอยู่มารวมกันและประดิษฐ์ เป็นของเล่นของใช้ชิ้นใหม่ นักเรียนคิดว่ามะนาวจะประดิษฐ์ ของเล่น – ของใช้ แบบใดได้บ้าง โดยต้องบอกของเล่น – ของใช้ชิ้นเดิม

ด้วย เช่น

ที่เสียบดินสอ ⟶ ไม้ไอศกรีม + แกนกระดาษทิชชู่

โคมไฟ ⟶ ช้อนพลาสติก

นักเรียนต้องเขียนคำตอบให้มีความแปลกใหม่ และได้จำนวนมากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ .....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ภาคผนวก จ
แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ **ผู้สอน** ประเมินการนำเสนอผลงานของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับระดับคะแนน

ประเด็นการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. ด้านการวางแผน				
2. ด้านการลงมือทำ				
3. ด้านการนำเสนอผลงาน				
4. ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด				
5. ด้านการปรับปรุงผลงาน				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์ การตัดสิน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
<u>คะแนน</u>	**<u>ระดับคุณภาพ</u>**
<u>13 ขึ้นไป</u>	<u>ดีเยี่ยม</u>
<u>12-10</u>	<u>ดี</u>
<u>9 - 7</u>	<u>พอใช้</u>
<u>ต่ำกว่า 7</u>	<u>ปรับปรุง</u>

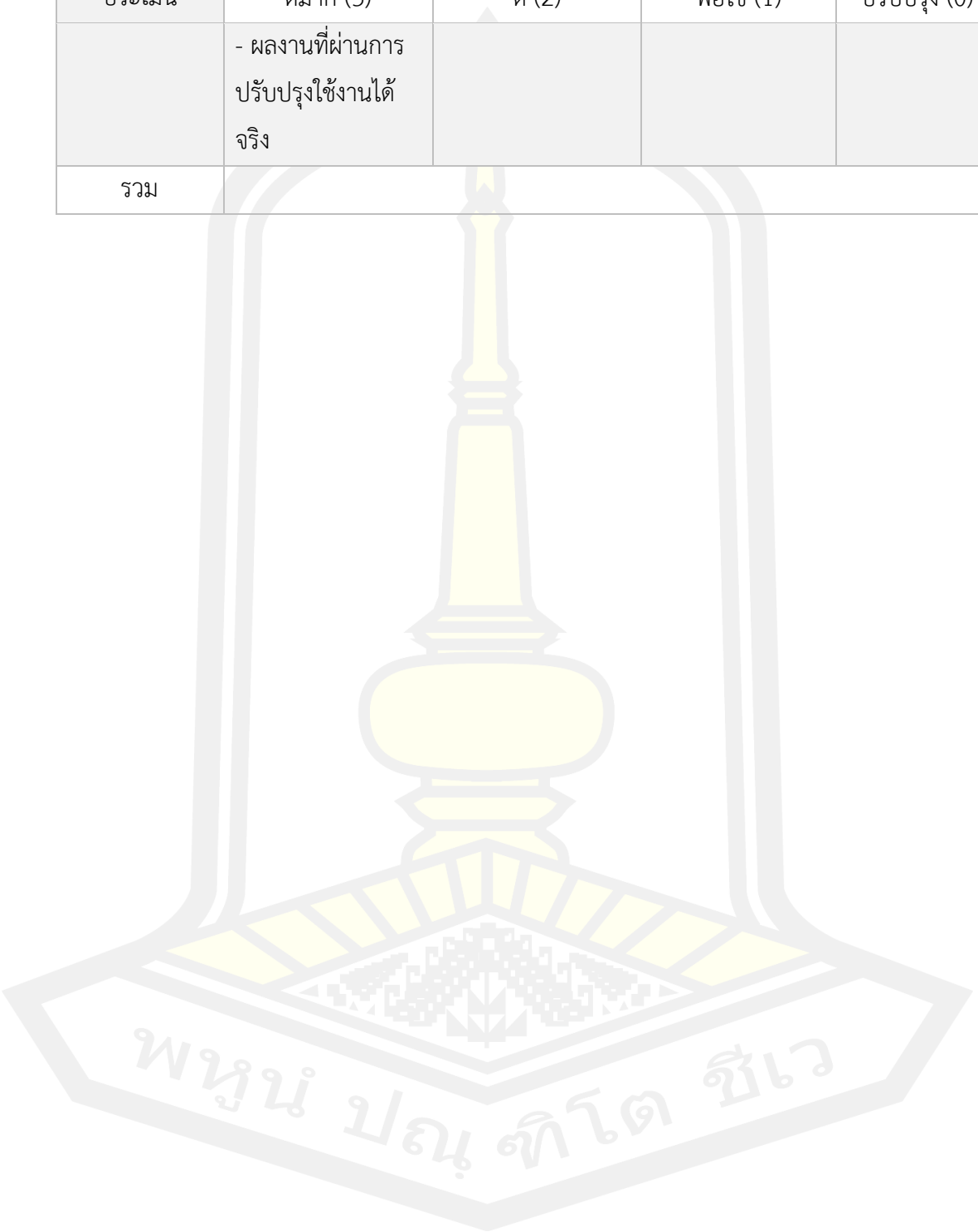
เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

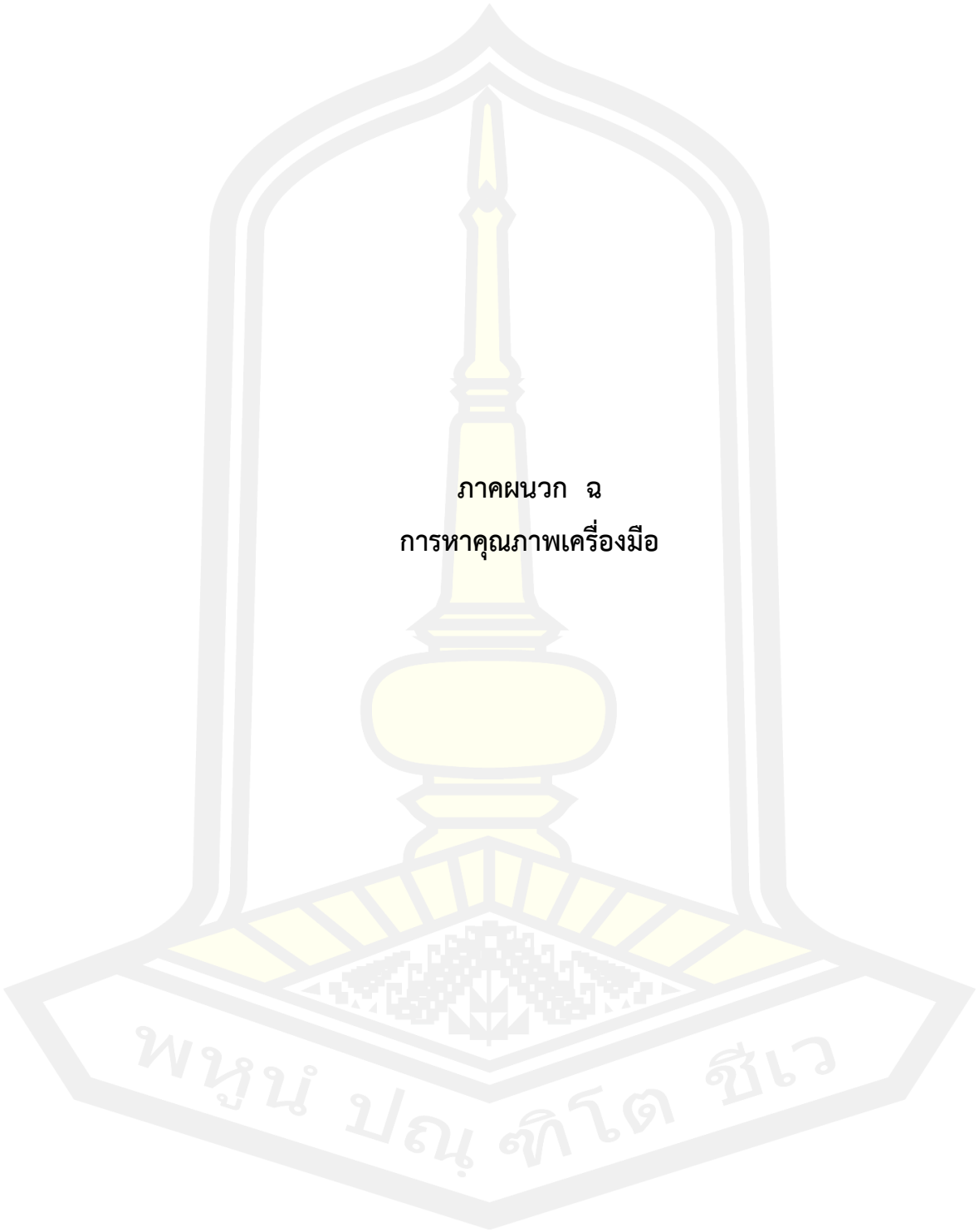
<u>คำชี้แจง</u> : ให้ **ผู้สอน** ประเมินการนำเสนอผลงานของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับระดับคะแนน

ประเด็นการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. ด้านการวางแผน	มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน เขียนแผนการทำงานและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้	มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน และปฏิบัติตามแผนที่วางไว้	มีการปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงาน	ไม่มีการปรึกษากันภายในกลุ่ม
2. ด้านการลงมือทำ	สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานทุกชิ้นและเลือกใช้เครื่องมือโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานได้บางชิ้นและเลือกใช้เครื่องมือโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับงานได้บางชิ้นแต่เลือกใช้เครื่องมือโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัย	ไม่มีชิ้นงาน
3. ด้านการนำเสนอผลงาน	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงาน หรือบอกการนำความรู้จาก	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ 2 หัวข้อ - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงาน หรือบอกการนำความรู้	นำเสนองานโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ 1 หัวข้อ - ชื่อชิ้นงาน - วัสดุที่ใช้ - ขั้นตอนในการทำงาน หรือบอกการนำความรู้	ไม่มีชิ้นงาน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
	เรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	จากเรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	จากเรื่องที่เรียนไปใช้ประโยชน์อย่างไร	
4. ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน 1. บอกจุดเด่น หรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อย หรือข้อบกพร่อง ของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มอื่น	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุม หัวข้อดังต่อไปนี้ 2 หัวข้อ 1. บอกจุดเด่น หรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อย หรือข้อบกพร่อง ของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มอื่น	สามารถสะท้อนแนวคิดโดยครอบคลุม2 หัวข้อดังต่อไปนี้อย่างครบถ้วน 1. บอกจุดเด่นหรือประโยชน์ของผลงานได้ 2. บอกจุดด้อย หรือ ข้อบกพร่องของผลงานได้ 3. แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มอื่น	ไม่มีชิ้นงาน
5. ด้านการปรับปรุงผลงาน	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน - บอกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผลงานกลุ่มตนเองได้	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน - บอกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผลงานกลุ่มตนเองได้	- มีการปรึกษาหารือร่วมกันในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลงาน	ไม่มีชิ้นงาน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
	- ผลงานที่ผ่านการปรับปรุงใช้งานได้จริง			
รวม				





ภาคผนวก ฉ
การหาคุณภาพเครื่องมือ

ตารางที่ 22 ฉ.1 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยรวมจำนวน 4 แผน

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ			
1.1 ถูกต้องได้ใจความ	4.80	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 แสดงความคิดหลักได้ชัดเจน	4.80	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.70	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 นำไปสู่การปฏิบัติได้	4.65	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.55	0.25	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรม	4.55	0.25	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	4.65	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้			
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.65	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	4.75	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.75	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วม ค้นคว้า วิเคราะห์และลงข้อสรุป	4.60	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.55	0.25	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 กิจกรรมเป็นไปตามแนวคิด STEAM	4.70	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
4.5 จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกัน	4.75	0.10	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 22 ฉ.1 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยรวมจำนวน 4 แผน (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
5. ด้านสื่อการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	4.78	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สื่อเหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	4.65	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สนองต่อจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.70	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	4.65	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.55	0.25	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	4.67	0.08	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ 22 ฉ.1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านได้ประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม ทั้งหมด 4 แผน มีค่าเฉลี่ยรวม 4.67 หมายความว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 23 ฉ.2 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ			
1.1 ถูกต้องได้ใจความ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 แสดงความคิดหลักได้ชัดเจน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 นำไปสู่การปฏิบัติได้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรม	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้			
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วม ค้นคว้า วิเคราะห์และลงข้อสรุป	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 กิจกรรมเป็นไปตามแนวคิด STEAM	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.5 จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกัน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 23 ฉ.2 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
5. ด้านสื่อการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	4.60	0.08	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สื่อเหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สนองต่อจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	4.69	0.10	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 24 ฉ.3 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ			
1.1 ถูกต้องได้ใจความ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 แสดงความคิดหลักได้ชัดเจน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 นำไปสู่การปฏิบัติได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรม	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
2.4 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้			
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วม ค้นคว้า วิเคราะห์และลงข้อสรุป	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 กิจกรรมเป็นไปตามแนวคิด STEAM	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.5 จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกัน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 24 ฉ.3 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
5. ด้านสื่อการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สื่อเหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สนองต่อจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	4.73	0.15	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 25 ฉ.4 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ			
1.1 ถูกต้องได้ใจความ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 แสดงความคิดหลักได้ชัดเจน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 นำไปสู่การปฏิบัติได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้			
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วม ค้นคว้า วิเคราะห์และลงข้อสรุป	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 กิจกรรมเป็นไปตามแนวคิด STEAM	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.5 จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกัน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 25 ฉ.4 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
5. ด้านสื่อการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สื่อเหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สนองต่อจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
รวม	4.62	0.25	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 26 ฉ.5 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ			
1.1 ถูกต้องได้ใจความ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 แสดงความคิดหลักได้ชัดเจน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 นำไปสู่การปฏิบัติได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.20	0.08	เหมาะสมมาก
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้			
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วม ค้นคว้า วิเคราะห์และลงข้อสรุป	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.20	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 กิจกรรมเป็นไปตามแนวคิด STEAM	4.60	0.55	เหมาะสมมาก
4.5 จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกัน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 26 ฉ.5 ค่าความเหมาะสมของการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
5. ด้านสื่อการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สื่อเหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สนองต่อจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	4.61	0.17	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 27 ฉ.6 ค่าแสดงความสอดคล้อง (IOC) กับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5		
1.	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง
2.	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง
3.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4.	1	1	1	0	1	1.00	สอดคล้อง
5.	1	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
6.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7.	1	1	0	1	0	0.60	สอดคล้อง
8.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10.	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง
11.	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง
12.	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง
13.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14.	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง
15.	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง
16.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
17.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18.	1	1	0	1	0	0.60	สอดคล้อง

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5		
19.	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
20.	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
21.	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง
22.	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง
23.	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
24.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25.	1	1	0	0	1	0.60	ไม่สอดคล้อง
26.	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง
27.	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง
28.	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
29.	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
30.	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง

จากตารางภาคที่ 27 ฉ.6 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0

ตารางที่ 28 ฉ.7 ผลการวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ค่าความยาก P	ค่าอำนาจจำแนก B
1	0.73	0.333
2	0.77	0.389
3	0.62	0.528
4	0.65	0.403
5	0.62	0.347
6	0.54	0.417
7	0.54	0.236
8	0.58	0.292
9	0.65	0.764
10	0.54	0.417
11	0.58	0.292
12	0.69	0.458
13	0.58	0.292
14	0.65	0.403
15	0.73	0.875
16	0.62	0.347
17	0.70	0.458
18	0.62	0.528
19	0.73	0.694
20	0.62	0.347
ความยากอยู่ระหว่าง 0.54-0.77		อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.236-0.875
ค่าความเชื่อมั่น (R) 0.74		

ตารางที่ 29 ฉ.8 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

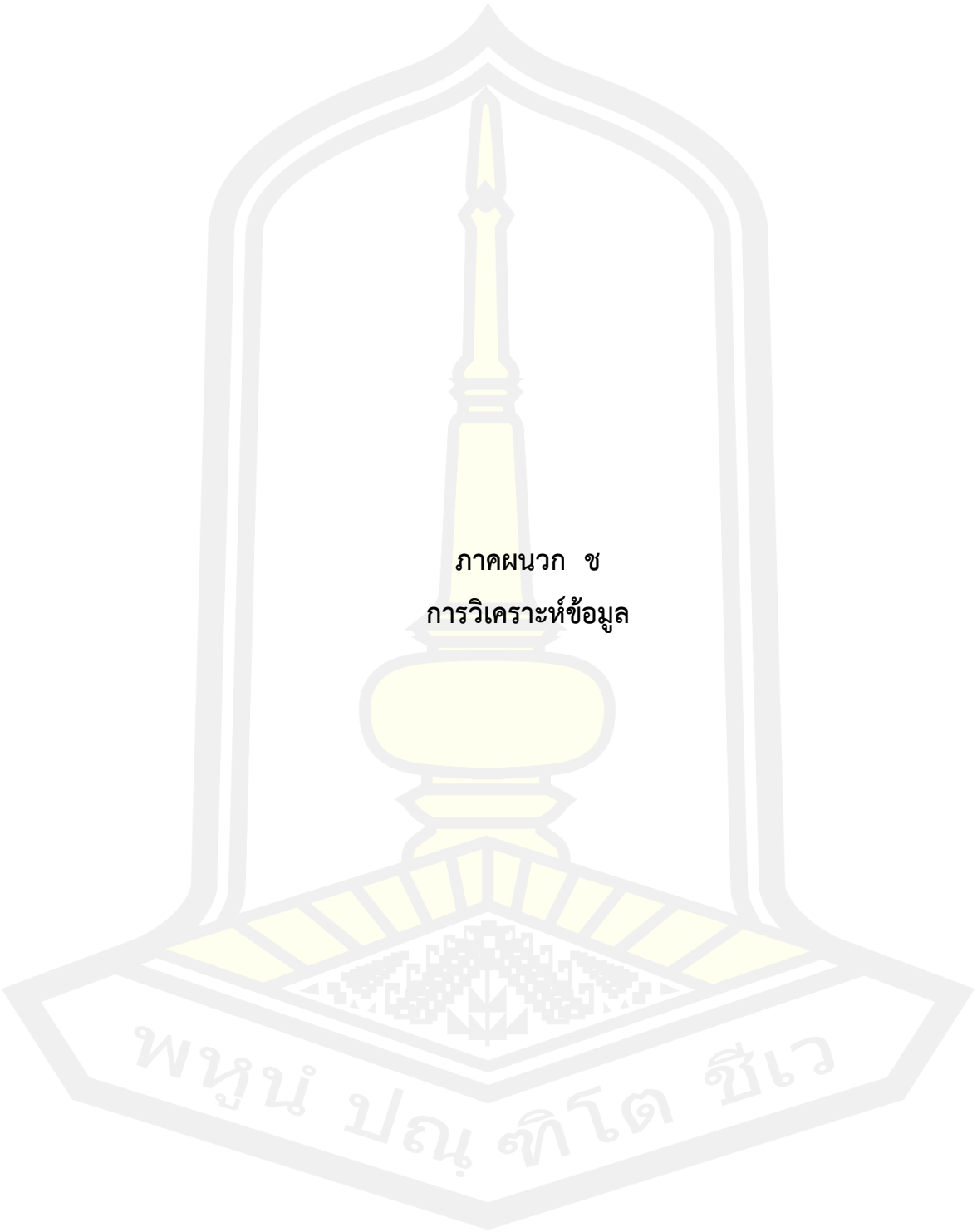
ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	สรุปผล
		1	2	3	4	5		
1	ด้านความคิดคล่อง							
	1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
	1.2 ความสอดคล้องกับสิ่งที่จะวัด	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
	1.3 ความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน	1	0	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
2	ด้านความคิดยืดหยุ่น							
	2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
	2.2 ความสอดคล้องกับสิ่งที่จะวัด	0	1	1	0	1	0.6	สอดคล้อง
	2.3 ความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3	ด้านความคิดยืดหยุ่น							
	3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
	3.2 ความสอดคล้องกับสิ่งที่จะวัด	0	0	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
	3.3 ความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 29 ฉ.8 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0

ตารางที่ 30 ฉ.9 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	สรุปผล
		1	2	3	4	5		
1	ด้านการวางแผน	1	0	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
2	ด้านการลงมือทำ	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
3	ด้านการนำเสนอผลงาน	0	1	1	0	1	0.6	สอดคล้อง
4	ด้านการตรวจสอบ และสะท้อนแนวคิด	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
5	ด้านการปรุบปรุงผลงาน	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 30 ฉ.9 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 0.8



ภาคผนวก ช
การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 31 ช.1 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

คนที่	คะแนนหลังเรียน	คิดเป็นร้อยละ
1	14	70.00
2	16	80.00
3	15	75.00
4	15	75.00
5	14	70.00
6	18	90.00
7	16	80.00
8	12	60.00
9	12	60.00
10	16	80.00
11	14	70.00
12	15	80.00
13	18	90.00
14	14	70.00
15	18	90.00
16	12	60.00
$\bar{x}$	14.94	74.38

จากตารางที่ 31 ช.1 สรุปว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 74.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 32 ช.2 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Test) สถิติทดสอบ Wilcoxon Singed – Rank Test [DataSet0]

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
pre_test	16	6.56	3.77	1	15
post_test	16	14.50	5.06	9	25

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
post_test - pre_test	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	16[b]	8.50	136.00
	Ties	0[c]		
	Total	16		

a. post_test < pre_test

b. post_test > pre_test

c. post_test = pre_test

Test Statistics[b]

	post_test - pre_test
Z	-3.527[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

รายการทดสอบ	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D.	Z	.Sig
ก่อนเรียน	16	6.56	3.77	-3.53	.00
หลังเรียน	16	14.50	5.06		

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon Singed – Rank Test พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน สูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 33 ช.3 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีมโดยรวมจำนวน 4 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้	ด้านการวางแผน		ด้านการลงมือทำ		ด้านการนำเสนอผลงาน		ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด		ด้านการปรับปรุงผลงาน		$\sum x$	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
แผนที่ 1	2	0	2	0	1.75	0.5	1.25	0.5	1.25	0.5	8.25	1.65	0.30	พอใช้
แผนที่ 2	2.25	0.50	2.25	0.50	2	0	2	0	1.50	0.58	10	2.00	0.32	ดี
แผนที่ 3	3	0	2.75	0.50	3	0	2.5	0.58	2.00	0	13.25	2.65	0.22	ดีเยี่ยม
แผนที่ 4	3	0	3	0	3	0	2.5	0.58	2.50	0.58	14	2.80	0.23	ดีเยี่ยม
ค่าเฉลี่ย	2.56	0.13	2.50	0.25	2.44	0.13	2.06	0.40	1.81	0.42	45.50	11.37	0.27	ดี

จากผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลมากที่สุดใน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 และ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 34 ช.4 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่ม	ประเด็นการประเมิน					$\bar{x}$ (15)	ระดับ
	ด้านการวางแผน (3)	ด้านการลงมือทำ (3)	ด้านการนำเสนอผลงาน (3)	ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด (3)	ด้านการปรับปรุงผลงาน (3)		
กลุ่มที่ 1	2	2	2	1	1	8	พอใช้
กลุ่มที่ 2	2	2	2	2	2	10	ดี
กลุ่มที่ 3	2	2	2	1	1	8	พอใช้
กลุ่มที่ 4	2	2	1	1	1	7	พอใช้
$\sum x$	8	8	7	5	5	8.25	พอใช้

ตารางที่ 35 ช.5 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่ม	ประเด็นการประเมิน					$\bar{x}$ (15)	ระดับ
	ด้านการวางแผน (3)	ด้านการลงมือทำ (3)	ด้านการนำเสนอผลงาน (3)	ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด (3)	ด้านการปรับปรุงผลงาน (3)		
กลุ่มที่ 1	2	2	2	2	2	10	ดี
กลุ่มที่ 2	3	3	2	2	2	12	ดี
กลุ่มที่ 3	2	2	2	2	1	9	พอใช้
กลุ่มที่ 4	2	2	2	2	1	9	พอใช้
$\sum x$	9	9	8	9	6	10	พอใช้

ตารางที่ 36 ช.5 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่ม	ประเด็นการประเมิน					$\bar{x}$ (15)	ระดับ
	ด้านการวางแผน (3)	ด้านการลงมือทำ (3)	ด้านการนำเสนอผลงาน (3)	ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด (3)	ด้านการปรับปรุงผลงาน (3)		
กลุ่มที่ 1	3	3	3	2	2	13	ดี
กลุ่มที่ 2	3	3	3	3	2	14	ดีเยี่ยม
กลุ่มที่ 3	3	3	3	3	2	14	ดีเยี่ยม
กลุ่มที่ 4	3	2	3	2	2	12	ดี
$\sum x$	12	11	12	10	8	13.25	ดีเยี่ยม

ตารางที่ 37 ช.6 การศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่ม	ประเด็นการประเมิน					$\bar{x}$	ระดับ
	ด้านการวางแผน (3)	ด้านการลงมือทำ (3)	ด้านการนำเสนอผลงาน (3)	ด้านการตรวจสอบและสะท้อนแนวคิด (3)	ด้านการปรับปรุงผลงาน (3)		
กลุ่มที่ 1	3	3	3	2	3	14	ดีเยี่ยม
กลุ่มที่ 2	3	3	3	3	3	15	ดีเยี่ยม
กลุ่มที่ 3	3	3	3	3	2	14	ดีเยี่ยม
กลุ่มที่ 4	3	3	3	2	2	13	ดี
$\sum x$	12	12	12	10	10	14	ดีเยี่ยม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปัทมา จงลือชา
วันเกิด	31 มกราคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	239 หมู่ 15 ตำบลดงลิง อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	รับราชการ (ครู)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านนาป่ง ตำบลป่าไร่ อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2561 ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) วิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม