

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช
เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



นางสาวศิริินญา พรหมคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



ใบอนุญาตวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เรื่อง : การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย : นางสาวศรินญา พรหมคำ

ได้รับอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ว่าที่ร้อยโท

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชัย จันทชุม)

คณบดีคณะครุศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรรคคำ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม)

ว่าที่ร้อยตรี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญ ชูกระเดื่อง)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมสงวน ปัสสาโก)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.นุกุล กุดแถลง)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วันดี รักไร่)

กรรมการ

ชื่อเรื่อง : การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย : นางสาวศิริินญา พรหมคำ

ปริญญา : ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. นุภูต กุดแสง
อาจารย์ ดร. วันดี รักไร่

ปีการศึกษา : 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 36 คน จากวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผนการเรียนรู้รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.71, S = 0.44$) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับตามแนวคิดของ Guilford โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ด้าน คือ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดริเริ่ม 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.0 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เป็นข้อสอบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-1.00 และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของ Lovett มีค่าเท่ากับ 0.89 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ร้อยละ (%) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ One-Sample t-test

ผลการวิจัยพบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 คิดเป็นร้อยละ 40.0 และหลังเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.8 คิดเป็นร้อยละ 90.0 ซึ่งจะเห็นว่ามีพัฒนาในความคิดสร้างสรรค์ตามลำดับ และพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เท่ากับ 15.78 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51 คิดเป็นร้อยละ 78.90 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนน 14.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความคิดสร้างสรรค์
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Title : STEM Education on Plant Life for Promoting Creative Thinking and Learning Achievement of Grade 10th Students

Author : Miss Sirinya Promkham

Degree : Master of Education (Science Education)
Rajabhat Maha Sarakham University

Advisors : Dr. Nukool Kudthalang
Dr. Wandee Rakrai

Year : 2020

ABSTRACT

The purposes of this research aimed 1) to study creative thinking of the students during and after the learning management of STEM Education on Plant Life for Grade 10 Students and 2) to compare the students' learning achievement on Plant Life for Grade 10 students with the criteria of 70 percent. The sample group was thirty-six Grade 10 students in Borabue Witthayakhan School, Borabue District, Maha Sarakham Province. They were obtained by cluster random sampling. The research instruments were a lesson plans according to STEM Education, totally 12 hours which consisted of five stages: 1) identify a challenge; 2) explore Ideas; 3) plan and develop; 4) test and evaluate and 5) present the solution with the appropriateness at highest level ($\bar{X} = 4.71$, $S = 0.44$), the four rating scales creative assessment form of STEM workpiece according to Guilford's concept, measuring in 4 aspects; 1) fluency; 2) originality; 3) flexibility and 4) elaboration with the IOC of 1.0, and the four multiple choices learning achievement test on Plant Life of 20 items with item difficulty between 0.20-0.80, discrimination between 0.20-1.00 and the Lovett's reliability of 0.89. The statistics for data analysis were mean (\bar{X}), standard deviation (S) percentage (%) and One-Sample t-test for hypothesis testing.

The results of the research revealed that Grade 10 students who were received learning management of STEM Education had average score of creative thinking during the study as 4.8 or 40.0 percent and after the study as 10.8 or 90.0 percent which showed that students have developed their creative thinking gradually and found the learning achievement average scores on Plant Life of students who were received learning management of STEM Education was 15.78 from 20 points

with the standard deviation of 1.51 or 78.90 percent which was higher than the criteria of 70 percent (score 14.00) with statistical significance at the level of .05

Keywords: STEM Education, Creative Thinking and Learning Achievement.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.นฤต กุดแดง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร.วันดี รักไร่ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้กำลังใจในการทำวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์คณะครุศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ ประสบการณ์อันมีค่ายิ่ง และได้กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้วิจัยด้านดีมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณวิไล ดอกไม้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง นายอรรถพล พันธุ์งาม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร กทิสาสตร์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนื่องเฉลิม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร. อริญ ชูยกระเดื่อง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมสงวน ปัสสาโก ที่ให้คำแนะนำและคำชี้แนะแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้กำลังใจในการทำวิจัยแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ คณะครูและนักเรียน โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในการทำวิจัย ครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจ และการสนับสนุนในการศึกษาของผู้วิจัย ตลอด รวมทั้งเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแก่ บิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยให้ ประสบผลสำเร็จ และคลบ้นกาลให้พบแต่ความสุขตลอดไป

นางสาวศิริินญา พรหมคำ

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	7
2.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	14
2.3 ความคิดสร้างสรรค์	34
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	63
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	75
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	80
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	80
3.2 เครื่องมือวิจัย	81
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ	81
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	89
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	90
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	93

หัวเรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	97
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	97
4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	97
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	98
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	103
5.1 สรุป	103
5.2 อภิปรายผล	104
5.3 ข้อเสนอแนะ	107
บรรณานุกรม	109
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย	119
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย	139
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	150
ภาคผนวก ง วิเคราะห์ผลคะแนนในการปฏิบัติกิจกรรม	162
ประวัติผู้วิจัย	167

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ตัวชี้วัด ว 1.2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 12
3.1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา 82
3.2	ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ 84
3.3	วิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช 87
3.4	แผนการทดลองแบบ One-Group Post Test Only Design 89
4.1	คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 98
4.2	คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 99
4.3	ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 100
4.4	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการดำรงชีวิตของพืช หลังได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 101
ค.1	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน 151
ค.2	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช จำนวน 40 ข้อ 156
ค.3	วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช จำนวน 20 ข้อ 158
ค.4	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน 160
ง.1	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 163
ง.2	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ระหว่างและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 165

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- 4.1 เปรียบเทียบร้อยละความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 101



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อพัฒนาให้ทันกับความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของโลก ทั้งด้าน เศรษฐกิจและเทคโนโลยี เพื่อสร้างชีวิตให้มีศักยภาพในการดำรงชีวิตและเป็นประชาชนที่มีคุณภาพ เพื่อการพัฒนาประเทศต่อไป สังคมในอนาคตจะกลายเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ผู้คนจะแสวงหา ความรู้มากขึ้น การศึกษาเรียนรู้จะกลายเป็นสิ่งสำคัญสำหรับคนทุกคน การทำให้คนไทยมีความรู้ รอบด้านจะช่วยส่งเสริมการพัฒนาสังคมไทยไปสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ ลักษณะที่พึงประสงค์ของ คนไทยในอนาคตจึงควรเป็นผู้มีความรอบรู้ รู้กว้างในเชิงสหวิทยาการ สามารถรู้เท่าทันความรู้เรื่อง เดียวกันในประเทศอื่น สามารถใช้ความรู้มาพัฒนาตนเองพัฒนาองค์กรให้ก้าวหน้า ตลอดจนการใช้ ความรู้ในการสร้างความเข้มแข็งให้กับประเทศและสังคมไทยด้วยการเชื่อมโยงถึงกันของ สารสนเทศต่าง ๆ ในโลก ทำให้การผลิตองค์ความรู้ใหม่และนวัตกรรมต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546) และในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คือ การสอน วิทยาศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนให้ได้รับการ ส่งเสริมเพื่อพัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการสืบเสาะในการหา ความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) ดังนั้น ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นลักษณะหนึ่งที่ควรส่งเสริม และพัฒนาให้เกิดแก่เยาวชนที่เติบโตเป็น กำลังของประเทศ

ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้และนวัตกรรม (อภิสิทธิ์ ชงไชย, 2556) เป็นความคิดที่เกิดจากการทำงานของสมองด้วยกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากในโลกปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่าง รวดเร็วและมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้การแก้ปัญหาวิธีเดิมไม่ได้ผลจึงจำเป็นต้องอาศัย ความคิดสร้างสรรค์มาช่วยในการแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556) ซึ่ง ความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์และเป็นปัจจัยในการส่งเสริม ความก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดสามารถดึงเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของทรัพยากร

มนุษย์ออกมาใช้ให้เกิด ประโยชน์ได้มากเท่าใดก็ยังมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้าได้มากเท่านั้น (อารี พันธุ์ณี, 2545) และทำให้นักเรียนจะเกิดความคิดใหม่ๆ และสามารถนำความคิดใหม่ๆ นั้น ไปใช้ในงานของตน ทำให้งานของตนมีความแปลกใหม่ น่าสนใจมากขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนอาจ เกิดความตระหนักในคุณค่าของการคิด และความคิดของผู้อื่นอีกด้วย (ทิศนา แคมมณี, 2560)

จากการศึกษาพบว่าปัญหาที่พบในด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ คือครูยังคง จัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเดิมที่เน้นการสอนเนื้อหา ถ่ายทอดความรู้จากครูสู่ศิษย์ เป็นการ สอนที่เน้นให้ครูเป็นศูนย์กลาง เพราะเป็นวิธีการสอนที่มีความสะดวกและเคยชิน (ทิศนา แคมมณี, 2555) ซึ่งขัดกับแนวทางการจัดการศึกษาที่จะพัฒนาบุคลากรของชาติให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ที่เหมาะสมกับโลกยุคปัจจุบันและโลกอนาคตที่นานาประเทศกำลังให้ความสนใจนั้น คือ ทางการ จัดการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ที่เน้นการแสวงหา ความรู้ ที่มีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารทำให้นักเรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายและตลอดเวลาที่ต้องการ ทำให้ห้องเรียนอยู่ได้ทุกสถานที่ ทุกเวลา การจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนจากการเรียน แบบท่องจำไปสู่การลงมือทำ ซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างแท้จริง อันเป็นที่มาของคำว่า “ สะเต็มศึกษา ” ที่กำลังอยู่ในความสนใจของนักการศึกษาทุกวันนี้ (มนตรี จุฬาวัด-นทล, 2558) การจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ มีขั้นตอนหลัก ๆ คือ 1) การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่ เป็น ปัญหาในชีวิตประจำวัน ค้นหาปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นเลือกวิธีหรือสร้าง นวัตกรรมเพื่อ แก้ไขปัญหาดังกล่าว 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นกระบวนการรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือก แนวทางที่ดีที่สุดในการเลือกวิธี ในการแก้ปัญหา 3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนด ขั้นตอนในกระบวนการ กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาที่ชัดเจน ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อให้ตอบสนองต่อแนวคิดในการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอน ของการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ครูได้กำหนดให้นักเรียนตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนการสอนนำมาใช้ในการแก้ปัญหา 4) การทดสอบ และประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนเพื่อสร้าง แบบทดสอบหรือแบบประเมิน โดยใช้ เพื่อแก้ปัญหาและนำผลที่ได้มาประยุกต์แก้ไขและพัฒนา ผลลัพธ์ให้มีประโยชน์มากขึ้น และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นการนำเสนอหลังจากการพัฒนาและปรับปรุง ตามแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพแล้ว นักเรียนจะต้องทำการนำเสนอและออกแบบวิธีนำเสนอ

นวัตกรรมเหล่านั้นก็น่าสนใจ (พรรณวิไล ชมชิต, 2557) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางนี้จะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ ประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเป็น ประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพในอนาคต เพราะจะทำให้เกิดการคิดอย่างมีเหตุผล เชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2558) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีจุดเด่นคือเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558) ซึ่งการที่นักเรียนจะสร้างนวัตกรรมได้นั้นจำเป็นต้องใช้ทักษะ การคิดขั้นสูง และความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นความคิดขั้นสูงที่จะช่วยให้นักเรียนสร้าง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชาทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มา ประดิษฐ์คิดค้น แก้ปัญหา เพื่อให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่ดี มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ช่วยให้นักเรียนมีคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น (ภัสสร ติตมา, 2558 และ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558) และ มีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพิ่มขึ้น (ภัสสร ติตมา, 2558) และนักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ด้วยเหตุผลและความสำคัญที่ต้องการพัฒนาตัวนักเรียนให้เกิดการ เรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ สูงขึ้นและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การ ดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้เกิดการพัฒนาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับนโยบายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ที่ได้ตระหนักถึงความสำคัญ ของวิทยาศาสตร์ ปลูกฝังให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการในการเรียนรู้ และเพื่อเป็นประโยชน์ใน การนำไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 9 ห้อง รวม 315 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 36 คน จากวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการทำวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.4.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.4.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

- 1) ความคิดสร้างสรรค์
- 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.4.4 ขอบเขตด้านเวลา

1.4.4.1 ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ระยะเวลา 12 ชั่วโมง 4 สัปดาห์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

“การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา” หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการองค์ความรู้ของสาขาวิชา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน โดยพัฒนากระบวนการหรือมีการสร้างนวัตกรรมใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นั้นจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ค้นหาปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นเลือกวิธีหรือสร้าง นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นกระบวนการรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการเลือกวิธีในการแก้ปัญหา

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนด ขั้นตอนในกระบวนการ กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาที่ชัดเจน ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อให้ตอบสนองต่อแนวคิดในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนเพื่อสร้างแบบทดสอบหรือแบบประเมิน โดยใช้เพื่อแก้ไขปัญหามาและนำผลที่ได้มาประยุกต์แก้ไขและพัฒนา ผลลัพธ์ให้มีประโยชน์มากขึ้น

5. นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นการนำเสนอหลังจากการ พัฒนาและปรับปรุงตามแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพแล้ว นักเรียนจะต้องทำการนำเสนอและ ออกแบบวิธีนำเสนอวัตกรรมเหล่านั้นให้น่าสนใจ

“ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” หมายถึง คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช หลังจากเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Bloom ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ วัดโดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

“ความคิดสร้างสรรค์” หมายถึง ความสามารถในการคิดได้อย่างหลากหลาย หลายทิศทาง มีความสามารถในการเชื่อมโยงสัมพันธ์ มีจินตนาการ มีการแสดงออกทางด้านจิตใจอันจะนำไปสู่

การคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ตามแนวคิดของ Guilford โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ เพื่อใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 เป็นแนวทางให้ครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

1.6.2 เป็นแนวทางให้ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนานักเรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ที่สูงขึ้น โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.6.3 เป็นแนวทางให้ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนในเนื้อหากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ หรือสาขาอื่นต่อไป

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. ความคิดสร้างสรรค์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีองค์ประกอบ คือ วิสัยทัศน์ หลักการ จุดมุ่งหมาย สมรรถนะสำคัญของนักเรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยให้ความหมายไว้ ดังนี้

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลกยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิตโดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.2 หลักการ

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษา สำหรับ การศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์ และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2.1.4 สมรรถนะสำคัญของนักเรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของนักเรียนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทักษะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้ง การเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสมและมีคุณธรรมคุณ

2.1.5 ลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2.1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต

2.1.5.3 มีวินัย

2.1.5.4 ใฝ่เรียนรู้

2.1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง

2.1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

2.1.5.7 รักความเป็นไทย

2.1.5.8 มีจิตสาธารณะ

2.1.6 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตร ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้น ให้มีการเชื่อมโยงความรู้ออกมาสู่กระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์หิววิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญ ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1.7 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

2.1.7.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.7.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.7.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

2.1.7.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.1.7.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

2.1.7.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.1.7.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.1.8 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้แยกสาระการเรียนรู้ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ สาระการเรียนรู้พื้นฐาน 4 สาระ และส่วนที่ 2 คือ สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม 4 สาระ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระ ชีววิทยา

สาระ เคมี

สาระ ฟิสิกส์

สาระ โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

จากที่กล่าวมา ผู้ทำวิจัยจึงได้สนใจทำวิจัยในส่วนของ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ในส่วนมาตรฐาน ว. 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2.1

ตัวชี้วัด ว 1.2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
8. ทดสอบ และบอกชนิดของสารอาหาร ที่พืชสังเคราะห์ได้	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นจุดเริ่มต้น ของการสร้างน้ำตาลในพืช พืชเปลี่ยนน้ำตาลไป เป็นสารอาหารและสารอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์
9. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่าง เกี่ยวกับ การใช้ประโยชน์จากสาร ต่าง ๆ ที่พืชบางชนิด สร้างขึ้น	มนุษย์สามารถนำสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น ไปใช้ประโยชน์เช่น ใช้เป็นยาหรือสมุนไพร ในการรักษาโรคบางชนิด ใช้ในการไล่แมลง กำจัด ศัตรูพืชและสัตว์ใช้ในการยับยั้งการ เจริญเติบโต ของแบคทีเรีย และใช้เป็นวัตถุดับ ในอุตสาหกรรม
10. ออกแบบการทดลอง ทดลอง และ อธิบาย เกี่ยวกับปัจจัยภายนอก ที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตของพืช	ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เช่น แสง น้ำ ธาตุอาหารคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ปัจจัยภายใน เช่น ฮอร์โมนพืช ซึ่งพืชมีการ สังเคราะห์ขึ้น เพื่อควบคุมการเจริญเติบโต ในช่วงชีวิตต่าง ๆ
11. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารควบคุม การเจริญเติบโตของพืชที่มนุษย์ สังเคราะห์ขึ้น และยกตัวอย่าง การนำมาประยุกต์ใช้ทางด้าน การเกษตรของพืช	มนุษย์มีการสังเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโต ของพืชโดยเลียนแบบฮอร์โมนพืช เพื่อนำมาใช้ ควบคุมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>12. สังเกต และอธิบายการตอบสนองของพืชต่อ สิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต</p>	<p>การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชแบ่งตามความสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้าได้แก่แบบที่มี ทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น ดอกทานตะวันหันเข้าหาแสง ปลายรากเจริญ เข้าหาแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบที่ไม่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น การหุบ และบานของดอก หรือการหุบและกางของใบพืช บางชนิด</p> <p>การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชบางอย่างส่งผล ต่อการเจริญเติบโต เช่น การเจริญในทิศทางเข้าหา หรือตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก การเจริญ ในทิศทางเข้าหาหรือตรงข้ามกับแสง และการ ตอบสนองต่อการสัมผัสสิ่งเร้า</p>

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืช ที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัดที่ ม.4/8-ม.4/12 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ในพืช
 - 1.1 สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง
 - 1.2 สารอินทรีย์ที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง
2. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
 - 2.1 ปัจจัยภายนอก
 - 2.2 ปัจจัยภายใน
3. การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า
 - 3.1 การตอบสนองที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า
 - 3.2 การตอบสนองที่ไม่มีทิศทางไม่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า

2.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

O'Neil, et al. (2012) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของวิชาทั้ง 4 วิชา และสามารถนำไปออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการองค์ความรู้ของสาขาวิชา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน โดยพัฒนานากระบวนการหรือมีการสร้างนวัตกรรมใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

2.2.2 แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะ ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยนักศึกษามักจะเน้นให้อาจารย์ครูใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจแต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน จะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่ เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICTตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรกคือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบการจำแนก จัดกลุ่มการจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล-มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษาพบว่า ครูใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพนักเรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ ครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิดนักเรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ และด้านคุณลักษณะนักเรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

รักษพล ชนานวงษ์ (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำเอาจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัยเพราะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทาย และเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่า แม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียน ได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับ องค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาล – มัธยมศึกษาตอนปลายโดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้ แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษาพบว่า ครูใช้วิธีการสอนแบบ Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Design-Based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่ม ความสามารถและศักยภาพนักเรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศ สหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

สิรินนภา กิจเกื้อกูล (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์ สาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และ วิชา คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิชาวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับ ความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการ สืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับ นักเรียนในระดับ มัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น

รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบ ความสำเร็จในการเรียน

วิชาเทคโนโลยี ธรรมชาติของวิชาเทคโนโลยีนั้น เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่าน กระบวนการทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับ กระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่ เข้าใจกัน

วิชาวิศวกรรมศาสตร์ ธรรมชาติของวิชาวิศวกรรมศาสตร์นั้น เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ในระดับอุดมศึกษาแต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็ก อนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

วิชาคณิตศาสตร์ ธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์นั้น เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่ เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือ

1.1 กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก จัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ และการบอกรูปร่างและ คุณสมบัติ

1.2 ภาษาทางคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อย กว่าเล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3) ส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับชั้น อนุบาลถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่าครูใช้วิธีการสอนแบบ โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) การสอนแบบใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning) ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าไรก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพนักเรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวันก่อนวัยเรียน (Pre-School) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญหา นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาด้านทักษะการคิด นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น

การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ นักเรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยนำเอาจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างลงตัว ซึ่งจะประกอบด้วยวิชา ดังต่อไปนี้

1. วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ครูใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities)

2. เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนา สิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process

3. วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ

4. คณิตศาสตร์ (M) ซึ่งได้แก่ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร

2.2.3 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

La Porte and Sanders (1995) ได้มีการนำรูปแบบการจัดการศึกษาตามแนวทางของ เทคโนโลยีการศึกษาใช้ทั่วไปในสหรัฐอเมริกา หลักสูตรนี้ได้เชื่อมโยงเข้าหาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ เพื่อบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน เรียกว่า “TSM Connection” โดยเน้น การจัดการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา

The Nation Science Education Standards (2000) กล่าวว่า ได้ผลักดันแนวคิดการนำ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใช้เต็มรูปแบบ ด้วยความสามารถในการออกแบบ นำไปสู่การพัฒนา ทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการประชาสัมพันธ์ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อย่างกว้างขวางในสหรัฐอเมริกา จึงมีการจัดการศึกษารูปแบบดังกล่าวตั้งแต่มัธยมศึกษา ถึงมัธยมตอนปลาย

National Council of Teachers of Mathematics (2001) กล่าวว่า ปี ค.ศ. 2001 สหรัฐอเมริกา ประกาศลงในพระราชบัญญัติให้สถานศึกษาจัดการศึกษาตามแนวทางของสะเต็มศึกษาสำหรับ

ผู้ที่ขาดโอกาสทางการศึกษาเป็นกลุ่มเป้าหมาย ปี ค.ศ. 2003 คำว่า SMET ได้ถูกท้วงติงว่าคำย่อไม่เหมาะสม เพราะมีความหมายว่า เชม่า (SMUT) คำย่อจึงเปลี่ยนเป็น STEM เพื่อสื่อถึงความหมายใหม่ที่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

Bruning (2004) กล่าวว่า มีนักการศึกษาเสนอทฤษฎีขั้นพื้นฐานระหว่าง วิทยาศาสตร์ และสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษาสามารถสร้างทักษะทางพุทธิศาสตร์และทักษะพิสัย จากการบูรณาการทางอารมณ์ของนักเรียน ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งนักเรียนยังเกิดปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นอย่างมีระบบการพัฒนาความรู้ วิสัยทัศน์ และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเกิดขึ้น ด้วยการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่องและมีความร่วมมืออย่างสม่ำเสมอ จึงเชื่อว่าการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบของสะเต็มศึกษา ส่งผลการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงจากศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ไปสู่ศาสตร์อื่น ๆ

Friedman (2005) กล่าวว่า สถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ได้จัดโครงการนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษามาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 จากสหรัฐอเมริกาสู่การศึกษาในประเทศจีน และอินเดีย และมีแนวคิดที่สะเต็มศึกษาเป็นสัญลักษณ์ ของการเปลี่ยนแปลงของการจัดการศึกษาในยุคโลกาภิวัตน์

Friendman (2005) กล่าวว่า ผลจากการศึกษาของนักการศึกษาที่นำรูปแบบการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ ตั้งแต่เยาว์วัย สามารถทำให้นักเรียนถ่ายโอนความรู้และความสามารถของตนเอง ไปสู่การประยุกต์นักเรียนจะเข้าใจถึงสภาพแวดล้อม การอ้างอิง แหล่งทรัพยากร วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และถึงแม้ว่าการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นในโรงเรียนก็ตาม แต่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้เหมือนว่าตนเองอยู่สังคมภายนอก และมีการปรับตัวทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมการแข่งขันในยุคโลกาภิวัตน์ ภายใต้กฎระเบียบในการปฏิบัติตนเสมือนมืออาชีพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

Sanders and Wells (2005) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาอาจจะมีรูปแบบในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมกับศาสตร์ทางด้านอื่น เช่น ทางธุรกิจ อุตสาหกรรม หรือศาสตร์อื่น ๆ ได้ด้วยการบูรณาการวิธีการหรือรูปแบบให้มีความเหมาะสม เรียกว่า การบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Integrative STEM Education)

Sanders (2009) ได้เขียนรายงานประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้พอสังเขป ดังนี้ ในช่วงทศวรรษ 1990 มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation: NSF) ได้กำหนดคำย่อของ Science, Mathematics, Engineering และ Technology ว่า SMET ต่อมาปี ค.ศ. 1993 มีรายงานการประเมินมาตรฐานความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของชาวอเมริกัน (Benchmarks for Science Literacy) และรายงานถึงความสำคัญของ

รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เป็นจุดเริ่มต้นของความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ผู้เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญ

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีความคาดหวังว่าการจัดการศึกษาแบบการสอนด้วยการใช้สะเต็มศึกษาจะช่วยยกระดับผลการสอบต่าง ๆ ให้สูงขึ้นส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้

2.2.4 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558) กล่าวว่า บทบาทของครูของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาท้าทายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหานักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน
3. จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาขา ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
6. เป็นผู้โค้ช (Coach)
7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)
8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด
9. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของนักเรียน โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) กล่าวว่า บทบาทของครูของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของนักเรียน ครูควรมีบทบาท ดังนี้

1. การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับ หลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนต้องใช้ความรู้หลายด้าน ในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2. การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ธัญญ์ญา บึงไกร (2561) กล่าวว่า บทบาทของครูของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ครูสามารถดำเนินการได้หลากหลายรูปแบบตามความพร้อมของครู ดังนี้

1. Structured Inquiry ครูมีบทบาทมาก โดยเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหาที่ให้นักเรียนศึกษา วัสดุอุปกรณ์และวิธีการให้นักเรียนดำเนินการตามที่ครูวางแผนและออกแบบไว้

2. Guided Inquiry ครูมีบทบาทลดลง โดยเป็นผู้กำหนดประเด็นให้นักเรียนไว้ กว้าง ๆ แล้ว ให้นักเรียนทำการออกแบบวิธีการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ด้วยตนเอง นักเรียนจะมี บทบาทมากขึ้น

3. Open Inquiry ครูมีบทบาทน้อยมาก เป็นเพียงผู้คอยช่วยเหลือและสนับสนุน โดยให้อิสระนักเรียนในการกำหนดปัญหาที่สนใจ ตั้งคำถาม วางแผน และออกแบบวัสดุอุปกรณ์ ที่ต้องการ และวิธีการได้อย่างเต็มที่ นักเรียนจะมีบทบาทเป็นอย่างมาก

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า บทบาทของครูตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เน้นให้ครูและนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งพัฒนาทั้งครูและนักเรียน โดยครู ต้องไม่ยึดว่าตนเป็นผู้รู้เพียงฝ่ายเดียว และต้องทำให้บรรยากาศในห้องเรียนมีความน่าสนใจ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้มาประดิษฐ์เป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหา ต่าง ๆ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2.5 จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รักพล ฆานานวงศ์ (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีจุดเด่น หรือประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4 ด้าน คือ

1. ด้านเศรษฐกิจ (Economic Opportunity) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยเพิ่ม โอกาส ในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน การเพิ่มมูลค่า เพราะนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ของโลกล้วนมีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา

2. ด้านทรัพยากรบุคคล (Attract More Students to Technological Fields) การเรียนรู้ สะเต็มศึกษาช่วยดึงดูดและสร้างทรัพยากรบุคคลให้เข้าสู่การทำงานด้านเทคโนโลยีที่ยังขาดแคลน อีกมาก

3. ด้านความมั่นคง (National Security) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (cyber security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างมาก

4. ด้านสุขภาพ (Enhancing Health) ความรู้และทักษะจากการได้เรียนรู้ STEM ช่วยให้ ประชากรในประเทศมีสุขภาพแข็งแรงและอายุยืนขึ้น เพราะมีเทคโนโลยีในการรักษาโรคร้ายต่าง ๆ ได้ดีขึ้น มีการตรวจพบโรคร้ายต่าง ๆ ได้เร็วก่อนจะลุกลาม ทำให้สามารถทำการรักษาได้ทัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทั้ง 4 สาขาวิชา กับการดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ ทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. การบูรณาการภายในวิชา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปิดอยู่โดยทั่วไป ครูแต่ละวิชาได้จัดการ เรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลักที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างละ 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกันในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ต้องการ และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใน รายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น ๆ

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ในชุมชนและสังคมหรือในชีวิตประจำวันที่พบเจอ และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบ หรือ

หัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาเฉพาะเจาะจง และวิธีการแก้ไขปัญหานั้น ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูควรคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3) การเรียนรู้ของนักเรียน

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ (2558) กล่าวว่า จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษา เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมนักเรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการส่งเสริมศึกษาจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิตและการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ส่งเสริมศึกษา มีดังต่อไปนี้

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน
 2. นักเรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านส่งเสริมศึกษามากขึ้น
 3. นักเรียนเข้าใจสาระวิชา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
 4. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา
 5. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา
 6. สร้างกำลังคนด้านส่งเสริมศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ
- จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษา คือนำเน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกันและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ทุกด้าน ซึ่งจุดเด่นเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษาช่วยส่งเสริมความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตประจำวันและสิ่งต่าง ๆ รอบตัว
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษาช่วยส่งเสริมทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการประกอบอาชีพควบคู่กับส่งเสริมศึกษาได้

2.2.6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้มากมาย โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น

1. สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Teachers Association: NSTA) และ สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1.1 การกำหนดปัญหา

1.2 การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา

1.3 การลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้

2. สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานสำคัญ คือ การกำหนดปัญหา (Identifying the Problem) สร้างแนวคิด (Generating Ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมองและการดำเนินการวิจัยเพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a Solution) การทดสอบ (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหาคารปฏิบัติงาน (Making the Item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหาคารประเมินผล (Evaluating It) ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงานและประเมินว่าสามารถ แก้ปัญหาได้หรือไม่ และการนำเสนอผล (Presenting the Results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับ เพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

3. พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and Technological

literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EiE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐาน และนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียน โดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย ค้นหาปัญหา สร้างแนวคิดและเลือก แนวคิดที่ดีที่สุด วางแผนลงมือปฏิบัติ และตรวจสอบ

4. ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็ม ของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association's STEM Center for Teaching and Learning™) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้

5. หน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรม ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย (NSW Department of Education and Training, Australia) ซึ่งรับผิดชอบจัดการศึกษาของรัฐได้เรียก กระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technology Process) ประกอบด้วยการทำงาน 3 ระยะ คือ การสำรวจและกำหนดงาน การสร้างและพัฒนา แนวคิด การลงมือปฏิบัติ โดยในแต่ละระยะจะมีการวางแผนการจัดการและประเมินผลด้วยเสมอ

6. กระทรวงทางการศึกษาประเทศอังกฤษ (Department for Education) กำหนดหลักสูตรการศึกษาแห่งชาติ ตลอดจนหลักสูตรของโรงเรียนนานาชาติที่ใช้ระบบอังกฤษ (UK National Curriculum, International GCSE and IB Diploma) และใช้กระบวนการทำงานว่า กระบวนการออกแบบ (Design Process) ประกอบด้วย กำหนดความต้องการรวบรวมข้อมูล สร้าง แนวคิด พัฒนาแนวคิด ลงมือปฏิบัติและประเมินผล โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถ ย้อนกลับไปทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ได้

7. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

7.1 การระบุปัญหา (Identify a Challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหา ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อยในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

7.2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไป คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

7.2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

7.2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาคควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

7.2.3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาคต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาคต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

7.2.4 การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและ ประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

7.2.5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาคต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และ น่าสนใจ ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด

พรณวิไล ชมชิต (2557) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ค้นหาปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นเลือกวิธีหรือสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการเลือกวิธีในการแก้ปัญหา

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนดขั้นตอนในกระบวนการ กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาที่ชัดเจน ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อให้ตอบสนองต่อแนวคิดในการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนของการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ครูได้กำหนดให้นักเรียนตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนการสอนนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนเพื่อสร้างแบบทดสอบหรือแบบประเมิน โดยใช้เพื่อแก้ไขปัญหาและนำผลที่ได้มาประยุกต์แก้ไขและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประโยชน์มากขึ้น

5. นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นการนำเสนอหลังจากการพัฒนาและปรับปรุงตามแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพแล้ว นักเรียนจะต้องทำการนำเสนอและ ออกแบบวิธีนำเสนอนวัตกรรมเหล่านั้นให้น่าสนใจ

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2556) กล่าวว่า การวางแผนการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ STEM Education ครูควรจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. กำหนดเนื้อหาการเรียนรู้ โดยมีการวางแผนร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

2. วางแผนการจัดกิจกรรม โดยมีการบูรณาการ ดังนี้

S (Science) เกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติ สามารถใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities)

T (Technology) เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อสนอง ความต้องการของเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

E (Engineering) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา หมายถึง การออกแบบ (Design) วางแผน (Planning) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints and

Criteria) ที่กำหนด กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นการนำเอาองค์ความรู้มาเพื่อใช้สร้างผลงานและเชื่อมโยงกับสถานการณ์โลกปัจจุบัน

M (Mathematics) เป็นกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ อาทิการจำแนก จัดกลุ่ม จัดแบบรูป บอกรูปร่าง และคุณสมบัติ

จาร์ส อินทลาภาพร และคณะ (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทาย การคิดของนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากครูไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2. จัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการองค์ความรู้ของสาขาวิชา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน โดยพัฒนานากระบวนการหรือมีการสร้างนวัตกรรมใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นจำเป็นต้องจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ค้นหาปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นเลือกวิธีหรือสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นกระบวนการรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการเลือกวิธีในการแก้ปัญหา

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนด ขั้นตอนในกระบวนการ กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาที่ชัดเจน ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อให้ตอบสนองต่อแนวคิดในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนเพื่อสร้างแบบทดสอบหรือแบบประเมิน โดยใช้เพื่อแก้ไขปัญหาและนำผลที่ได้มาประยุกต์แก้ไขและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประโยชน์มากขึ้น

5. นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นการนำเสนอหลังจากการ พัฒนาและปรับปรุงตามแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพแล้ว นักเรียนจะต้องทำการนำเสนอและ ออกแบบวิธีนำเสนอนวัตกรรมที่น่าสนใจ

2.2.7 การวัดและการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน จากการแสดงออกการกระทำหรือผลงาน เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม หรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและ ความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้

1.1 ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1.1.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมิน หลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

1.1.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของนักเรียนในแง่ของ ผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่านักเรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

1.1.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของนักเรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.1.4 เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และ หลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของนักเรียนที่ควรจะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้อง ให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของ แต่ละบุคคล

1.1.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียน การสอน และการวางแผนการสอน ของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับ กระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

1.1.6 เป็นการประเมินที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนรู้จัก ตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนา ตนเองได้

1.1.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และ เพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่านักเรียนสามารถ ถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

1.2 วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน ผลการประเมินอาจจะ ได้มาจาก แหล่งข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1.2.1 สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
- 1.2.2 ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
- 1.2.3 การสัมภาษณ์
- 1.2.4 บันทึกของนักเรียน
- 1.2.5 การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู
- 1.2.6 การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (Practical Assessment)
- 1.2.7 การวัดและประเมินผลด้าน ความ สามารถ (Performance Assessment)
- 1.2.8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ แฟ้มผลงาน (Portfolio Assessment)
- 1.2.9 การทดสอบ

2. การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

2.1 ความสามารถของนักเรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

2.2 การประเมินผลด้านความสามารถประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

2.3 ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถ ที่แสดงออกของนักเรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของนักเรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.3.1 การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์ กับหลักสูตรเนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2.3.2 การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ห้องประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การมอบหมายชิ้นงานให้นักเรียนควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครู และนักเรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของนักเรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

2.3.3 การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้นักเรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอน ให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ดาวศึกษาเนื้อเยื่อพืช การทำเฮอร์บาเรียม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

2.3.4 การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของนักเรียนเมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้นักเรียน ลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

2.3.5 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการ ทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังคงมีความจำเป็น เนื่องจากใช้วัดความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจ

ในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบ ข้อเขียนร่วมด้วย โดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมิน ด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิด ระดับสูง แบบทดสอบ ในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลในสภาพจริงนักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ การสะท้อนถึง ความรู้ ความคิด เจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) หมายถึง การประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียน แสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหา หรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมี ประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้อง กับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment) ความสามารถของนักเรียน ประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียง กับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูง และผลงานที่ได้

Edward (2013) กล่าวว่า วิธีการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ในกรณีที่ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ ครูสามารถประเมินนักเรียนดังนี้ คือ

1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ

1.2 การปฏิบัติการทดลอง

1.3 การรายงานผลการทดลอง

1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

2. ในกรณีที่ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ครูสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียน ดังนี้ คือ

- 2.1 การระดมความคิด
- 2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ
- 2.3 การทำงานเป็นทีม

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรใช้การประเมินหลายครั้ง คือประเมินระหว่างเรียน และประเมินหลังเรียน การประเมินระหว่างเรียน ครูควรใช้คำถาม การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน การประเมินตนเองและการประเมินจากเพื่อน และการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนด ส่วนการประเมินหลังเรียนครูสามารถประเมินชิ้นงานที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่นักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน และทำให้รู้พัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ความสำเร็จของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับการแก้ไข รวมทั้งครูจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3 ความคิดสร้างสรรค์

2.3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

อุดม หอมคำ (2546) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) หมายถึง กระบวนการทางสมองของบุคคลที่แสดงออกในลักษณะของความสามารถในการคิดได้อย่างหลากหลายหลายทิศทางเป็นความคิดอเนกนัย มีความคิดที่แปลกใหม่

สุภัทรา วรรณพิน (2555) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม โดยอาศัยพื้นฐานของสิ่งที่มีอยู่เดิม เช่น ธรรมชาติ กฎเกณฑ์ ความรู้ วิทยาการ วัสดุ และเทคโนโลยี เป็นข้อมูลสำคัญในการค้นคิดสิ่งใหม่ ๆ ที่ให้ความรู้สึกแปลกใหม่ตื่นตาตื่นใจ ไม่เคยเห็นจากที่ใดมาก่อน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมกว่าสิ่งที่มีอยู่เดิม เช่น ปืนใหญ่ที่มาจากพลู รถยนต์ที่มาจากรถม้า เครื่องบินที่มาจากนก เป็นต้น นอกจากนี้การคิดสร้างสรรค์อาจจะเป็นการสร้างสิ่งใหม่ ๆ โดยไม่ซ้ำแบบใคร หรือไม่เคยมี

ผู้ใดเคยคิด ทำมาก่อนเลยก็ได้ หรือจะเป็นการนำสิ่งที่มีอยู่แล้วมาต่อเติมเสริมแต่ง ดัดแปลงให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ ขึ้นก็ได้เช่นกัน

Torrance (1962, อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นทพานนท์, 2560) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคล ในการคิดผลิตหรือสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ที่ไม่รู้จักมาก่อนซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์แล้ว รวบรวมความคิดเป็นสมมติฐานทำการทดสอบสมมติฐาน แล้วรายงานผลที่ได้รับจากการค้นพบ

Guilford 1967 (อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นทพานนท์, 2560) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทางหลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ลักษณะ ความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมทั้ง การคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จด้วย ความคิดแบบอบเนกนัย ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่น ในการคิด (Flexibility) และ ความละเอียดลออ (Elaboration)

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดได้อย่าง หลากหลาย หลายทิศทาง มีความสามารถในการเชื่อมโยงสัมพันธ์ มีจินตนาการ มีการแสดงออก ทางด้านจิตใจ อันจะนำไปสู่การคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่

2.3.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1967) กล่าวว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความฉับไวที่จะรับรู้ ปัญหา มองเห็นปัญหา สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ ๆ ได้ง่าย มีความสามารถที่จะสร้าง หรือแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ และปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น รูปแบบโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford ความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วย สามมิติ คือ มิติที่ 1 ด้านปฏิบัติการ มิติที่ 2 ด้านผลิต มิติที่ 3 ด้านเนื้อหา ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านเนื้อหา แบ่งเป็น 5 ชนิด

1. เนื้อหาที่เป็นรูปภาพ
2. เนื้อหาที่เป็นเสียง
3. เนื้อหาที่เป็นสัญลักษณ์
4. เนื้อหาที่เป็นภาษา
5. เนื้อหาที่เป็นพฤติกรรม

มิติที่ 2 ด้านปฏิบัติการกระบวนกรคิดต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมาจากซึ่งประกอบด้วย ความสามารถ 5 ชนิด

1. การรู้และการเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถของสมองในการเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว
2. การจำ (Memory) คือ ความสามารถของสมองในการสะสมข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มา และสามารถระลึกออกมาได้ตามที่ต้องการ
3. การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้ การตอบสนองได้หลาย ๆ อย่างจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ
4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้ การตอบสนองที่ถูกต้อง และดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้
5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของสมองในการตัดสินข้อมูลที่ กำหนดให้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

สำหรับวิธีการคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Thinking) นี้ Guilford (1967) จัดว่าเป็นความคิด สร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ใช้ในการแก้ปัญหา เป็นความคิดที่ก่อให้เกิดสิ่งต่าง ๆ ใหม่ ๆ เป็นความสามารถของบุคคลที่จะประยุกต์ใช้กับงานหลาย ๆ ชนิด ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการ หรือที่เรียกว่าความคิดจินตนาการประยุกต์ คือ ไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียวแต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วยความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้ตามลักษณะดังนี้คือ

- 1.1 ลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการคิด และสามารถแตกความคิดจาก ของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ ที่ไม่ซ้ำกับของเดิม

- 1.2 ลักษณะของบุคคล คือ บุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเอง เชื่อมั่นในตนเอง กล้าคิด กล้าลอง กล้าแสดงออก ไม่ขลาดกลัวต่อความไม่แน่นอน หรือคลุมเครือ แต่เต็มใจและยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าว บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็น บุคคลที่มีสุขภาพจิตดีด้วย

- 1.3 ลักษณะทางผลิตผล ผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่ม จึงเป็นงานที่แปลกใหม่ไม่เคยปรากฏมาก่อน มีคุณค่าทั้งต่อตนเองและเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม คุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่ระดับต้น เช่น ผลงานที่เกิดจากความต้องการการแสดงความคิดอย่างอิสระ ซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงาน

และค่อย ๆ พัฒนาขึ้น โดยเพิ่มทักษะบางอย่าง ต่อมาจึงเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ ไม่ซ้ำกับใคร นอกจากนั้นก็ พัฒนางานประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

2. ความคล่องในการคิด (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหา คำตอบ ได้ อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้าน ถ้อยคำ (Word Fluency) ซึ่งเป็น ความสามารถในการใช้ถ้อยคำ อย่างคล่องแคล่วนั่นเอง

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการ โยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถ ที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายใน เวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะ คิดสิ่งที่ต้องการ ภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ ได้ความคิดที่ดี และเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิด คิดออกมาให้ได้มากหลายอย่าง และแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาแต่ละอย่างเปรียบเทียบกับกันว่าความคิดอันใด จะเป็นความคิดที่ดีที่สุด

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหา คำตอบ ได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถ ที่จะพยายามคิด ได้หลายอย่าง อย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถ ที่จะคิดได้ หลากหลายและสามารถดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

3.4 ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ความคิดในรายละเอียดเพื่อ ตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็น คุณลักษณะ ที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ พัฒนาการของ ความคิดละเอียดลออนั้นขึ้นอยู่กับ

3.4.1 อายุ เด็กที่มีอายุมากจะมีความสามารถทางด้านนี้มากกว่าเด็กอายุน้อย

3.4.2 เพศ เด็กหญิงจะมีความสามารถมากกว่าเด็กชายในด้านความคิด ละเอียดลออ

3.4.3 ความสังเกตเด็กที่มีความสามารถด้านการสังเกตสูงจะมีความสามารถทางด้านความคิดละเอียดลออสูงด้วย

มิติที่ 3 ด้านผลผลิต ความสามารถที่ผสมผสานมิติด้านเนื้อหาและด้านปฏิบัติเข้าด้วยกันเป็นผลผลิต เมื่อสมองรับรู้วัตถุ/ข้อมูลบุคคลจะเกิดการคิดในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถให้ผลแตกต่างกัน 6 ชนิด

1. หน่วย เป็นสิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและความแตกต่างจากสิ่งอื่น
2. จำพวก เป็นกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน
3. ความสัมพันธ์ เป็นการเชื่อมโยง 2 สิ่งเข้าด้วยกัน เช่น การเชื่อมโยงคำ เชื่อมโยง

ความหมาย

4. ระบบ เป็นแบบแผนหรือรูปแบบจากการเชื่อมโยงสิ่งหลาย ๆ สิ่งเข้าด้วยกัน
5. การปรับเปลี่ยน เป็นการเปลี่ยนแปลงการหมุนกลับ การขยายความ ข้อมูลจากสภาพหนึ่งไปยังอีกสภาพหนึ่ง

6. การประยุกต์ เป็นผลผลิตที่คาดหวังหรือการทำนายจากข้อมูลที่กำหนด

ดังนั้น จึงพอสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่เป็นความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นความสามารถด้านหนึ่ง ของเขาวนปัญญา เป็นการคิดหลายทิศทาง (Divergent Thinking) ที่ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดละเอียดลออ

Torrance (1962, อ้างถึงใน จันทรพีญ ภูโสภากา, 2558) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน เป็นผู้ศึกษาค้นคว้าด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยพัฒนาแนวคิดของทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา มาใช้ในการวิจัยในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ และให้ นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็น กระบวนการของความรู้สึกรวดเร็วต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องขาดหายไป แล้วจึงรวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐานขึ้น ต่อจากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ซึ่งสามารถจำแนก กระบวนการคิดสร้างสรรค์ได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) เริ่มจากความรู้สึกรวดเร็ว มีความสับสน วุ่นวาย (Mess) แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นอะไร
2. การค้นพบปัญหา (Problem Finding) เมื่อใช้ความคิดพิจารณาจนเกิด ความเข้าใจ จนพบปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเกิดมาจากสาเหตุใด
3. การค้นพบแนวคิด (Idea Finding) คิดและตั้งสมมติฐานตลอดจนเก็บรวบรวม ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทำการทดสอบแนวคิด
4. ในการค้นพบคำตอบ (Solution Finding) หลังจากทดสอบแนวคิดก็จะได้ คำตอบ

5. การยอมรับผลที่ได้จากการค้นพบ (Acceptance Finding) ยอมรับข้อค้นพบที่เป็นคำตอบและพัฒนาแนวคิดต่อไปว่าสิ่งที่ค้นพบจะนำไปสู่การเกิดแนวคิดและเกิดการค้นพบใหม่ต่อไปที่เรียกว่า “New Challenges”

นิยามและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของTorranceจะคล้ายกับการคิดแก้ปัญหาแต่ในส่วนการวัดของTorrance จะใช้วิธีการวัดในลักษณะของความคิดอเนกนัย และมุ่งแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความคิด ดังนั้น จึงสามารถสรุปแนวคิดของ Torrance ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์คือ กระบวนการแก้ปัญหาสามารถทำให้เกิดความคิดในลักษณะความคิดอเนกนัยได้นั่นเอง

Wallas (1926) กล่าวว่า กระบวนการของความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการคิดสิ่งใหม่ ๆ โดยการลองผิดลองถูก (Trial and Error) และได้แบ่งขั้นตอนไว้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเตรียมข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการกระทำหรือ แนวทางที่ถูกต้อง หรือข้อมูลระบุปัญหา หรือข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ฯลฯ
2. ขั้นความคิดคุกกุ่นหรือระยะฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่อยู่ในความวุ่นวายของข้อมูลต่าง ๆ ทั้งใหม่และเก่า สะเปะสะปะ ปราศจากความเป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่สามารถจะขมวดความคิดนั้น จึงปล่อยความคิดไว้เฉย ๆ
3. ขั้นความคิดกระจ่างชัด (Illumination) เป็นขั้นที่ความคิดสับสนนั้น ได้ผ่านการเรียบเรียง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้มีความกระจ่างชัด และสามารถจะมองเห็นภาพพจน์ มโนทัศน์ของความคิด
4. ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง (Verification) เป็นขั้นที่ได้รับความคิด 3 ขั้น จากข้างต้น เพื่อพิสูจน์ว่าเป็นความคิดที่เป็นจริงและถูกต้องหรือไม่

Davis (1971) ได้กล่าวถึงกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ตามที่มีมูลนิธิการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ (The Creative Education Foundation) ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กระบวนการนี้จะเริ่มต้นด้วยการมีปัญหาที่เรียกว่าความ ยุ่งเหยิง (Mess) กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แบ่งออกเป็นขั้น ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง (Fact Finding) ในขั้นนี้เมื่อเกิดปัญหาทำให้เกิดความวิตกกังวล ก็ต้องพยายามหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ทราบว่าเป็นปัญหานั้นคืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นหาปัญหา (Problem Finding) จากขั้นที่ 1 เมื่อได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาแล้ว ในวันนี้จะพิจารณาถึงมูลเหตุและแนวทางที่เป็นไปได้ โดยคิดถึงความเป็นไปได้หลาย ๆ แนวทาง ให้ได้มากที่สุด จากนั้นนำแนวทางทั้งหมดมาคัดเลือกหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพียง 1 หรือ 2 แนวทาง แล้วตั้งเป็นประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขต่อไปในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 3 การค้นหาความคิด (Idea Finding) เมื่อได้ประเด็นปัญหาจากขั้นที่ 2 แล้ว ในขั้นนี้ จะเป็นการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการที่จะแก้ปัญหามาประเด็นที่ตั้งไว้ออกมาให้ได้มากที่สุดอย่างอิสระ โดยยังไม่มีการประชุมความเหมาะสมในขั้นนี้

ขั้นที่ 4 การค้นหาคำตอบ (Solution Finding) ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการพิจารณาคัดเลือก วิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีการที่หาได้ในขั้นที่ 3 โดยเริ่มแรกจะต้องหาหลักเกณฑ์ในการเลือก เช่น ความประหยัด ความรวดเร็ว เป็นต้น เมื่อได้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสมแล้วก็นำหลักเกณฑ์นั้นไป พิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance Finding) ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นที่ 4 มาพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง รวมทั้งการเผยแพร่ ความคิดนั้นให้ผู้อื่นลองปฏิบัติเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า จากรูปแบบกระบวนการคิดสร้างสรรค์ตั้งแต่รูปแบบกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของ Torrance จนถึงรูปแบบกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของ Wallas กับ Jung's ที่กล่าวข้างต้น กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นลำดับขั้นและผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ก็มีลักษณะเป็นขั้น ๆ ซึ่งผลผลิตจะอยู่ในขั้นใดขั้นนั้น ขึ้นอยู่กับการใช้ทักษะ และความสามารถในการคิดของบุคคล และได้ทำการสังเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ โดยสรุปสาระที่สำคัญซ้ำ ๆ กันมาประกอบเป็นรูปแบบกระบวนการคิดสร้างสรรค์โดยรูปแบบดังกล่าวถือว่าเป็นตัวแทนหนึ่งของทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ ที่จะบอกเราว่าความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นมาได้อย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่จะชี้แนะเส้นทางของการเกิดความคิดสร้างสรรค์ ข้อสรุปของการสังเคราะห์มีดังนี้

1. กระบวนการคิดสร้างสรรค์จะเกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ มีความหมาย มีการจินตนาการ มีการสร้างความคิด และมีการประเมินเชิงวิพากษ์ โดยภาพรวมของกระบวนการคิด สร้างสรรค์ก็คือ ความสมดุลของการจินตนาการ และการคิดวิเคราะห์

2. รูปแบบกระบวนการคิดสมัยเก่าจะให้ความสำคัญกับผลของความคิดสร้างสรรค์ ที่เกิดจากกระบวนการของจิตใต้สำนึกที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้คิด ส่วนรูปแบบกระบวนการคิด สมัยใหม่ จะให้ความสำคัญกับการสร้างความคิดใหม่ที่มีความหมายภายใต้การปฏิบัติการควบคุมโดยผู้คิดเอง

3. กระบวนการคิดสร้างสรรค์โดยรวมทั้งความต้องการที่จะขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติการคิด และการนำความคิดไปใช้ ดังนั้นจึงต้องมีการปฏิบัติการมากกว่าที่จะจินตนาการสิ่งใหม่เพียงอย่างเดียว

2.3.3 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

อารี รังสินันท์ (2532) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์สำคัญต่อตนเองและสังคม ดังนี้

1. ต่อตนเอง

1.1 ลดความเครียดทางอารมณ์ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ต้องการแสดงออกอย่างอิสระทั้งความคิดและการปฏิบัติ มีความมุ่งมั่นจริงจังในสิ่งที่คิด หากได้ทำตามที่คิดจะทำให้ลดความเครียดและความกังวล เพราะได้ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของตนเองซึ่งลักษณะต่าง ๆ ที่บุคคลที่สร้างสรรค์ต้องการตอบสนอง ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าเผชิญกับสิ่งที่ท้าทายความสามารถ เป็นต้น

1.2 มีความสนุกสนาน เพลิดเพลินและเป็นสุข บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์เมื่อได้ทำสิ่งที่ตนได้คิด ได้เล่น ได้ทดลองกับความคิดจะรู้สึกพอใจ ตื่นเต้นกับผลงานที่เกิดขึ้นจะทำงานอย่างเพลิดเพลินทุ่มเทอย่างจริงจังและเต็มกำลังความสามารถและทำอย่างเป็นสุขแม้จะเป็นงานหนักแต่จะเป็นเรื่องที่ง่ายและ เขาจะเห็นได้ว่าการทำงานของศิลปินนักวิทยาศาสตร์และนักสร้างสรรค์สาขาต่าง ๆ จะใช้เวลาทำงานติดต่อกันครั้งละหลาย ๆ ชั่วโมง และทำอย่างต่อเนื่องนานหลายปีจนค้นพบบางสิ่งบางอย่างที่สามารถผลิตผลงานสร้างสรรค์ขึ้นมาได้

1.3 มีความภาคภูมิใจและเชื่อมั่นในตนเอง การได้ทำในสิ่งที่ตนคิด ได้ทดลองได้ปฏิบัติจริง เมื่องานนั้นประสบความสำเร็จจะทำให้บุคคล เกิดความ ภาคภูมิใจและเชื่อมั่นในตนเอง หากงานนั้นไม่สำเร็จบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จะเข้าใจและยอมรับผลที่เกิดขึ้นได้เรียนรู้และค้นพบบางสิ่งบางอย่าง ความไม่สำเร็จ ช่วงนี้จะเป็นพื้นฐานให้เกิดความมุ่งมั่นพยายามและมีความกล้าที่จะก้าวไปข้างหน้าเพื่อความสำเร็จต่อไป

2. ต่อสังคม

2.1 ทำให้สังคมเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะผลงานสร้างสรรค์ นำมาซึ่งความแปลกใหม่ ทำให้สังคมเจริญก้าวหน้า ถ้าสังคมหยุดนิ่งจะทำให้สังคมนั้นล้าหลัง

2.2 เครื่องจักร รถยนต์ รถแทรกเตอร์ เครื่องวิดน้ำ เครื่องข้าว เครื่องเก็บผลไม้ เครื่องบด สิ่งเหล่านี้ช่วยในการผ่อนแรงของมนุษย์ได้มา ช่วยลดความเหนื่อยยาก ลำบากและทรมานได้มาก ไม่ต้องทำงานหนัก ทำให้ชีวิตมีความสุขมากขึ้น

2.3 ช่วยให้เกิดความสะดวกสบายรวดเร็ว การคนพบรถจักรยาน รถยนต์ เรือที่ใช้เครื่องจักร รถไฟ เครื่องบิน ยานอวกาศ ทำให้การคมนาคมติดต่อกัน การเดินทางขนส่งสะดวกสบาย ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ความเข้าใจกันมากยิ่งขึ้น

2.4 ความปลอดภัยในชีวิตและการมีชีวิตที่ยืนยาวขึ้น การค้นหาทางการแพทย์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้ชีวิตมนุษย์ไม่ต้องเสี่ยงอันตราย การค้นพบยารักษาโรค วัคซีน โรค

เป็นต้น การค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ในเรื่องโภชนาการ การออกกำลังกาย การดูแลสุขภาพอนามัยต่าง ๆ ทำให้ประชาชนรู้จักปฏิบัติตนในด้านการป้องกัน ดูแลรักษาสุขภาพอนามัยทั้งร่างกายและจิตใจทำให้คนมีชีวิตยืนยาวขึ้น

2.5 ช่วยประหยัดเวลาแรงงานและเศรษฐกิจ ผลการค้นพบในด้านต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การแพทย์ การศึกษา การเกษตรช่วยให้มนุษย์มีเวลามากขึ้นสามารถนำพลังงานนำไปใช้ทำอย่างอื่น เพื่อก่อให้เกิดรายได้และเพิ่มทุนเศรษฐกิจได้มากขึ้น มีเวลาหาความรู้ขึ้นชมกับความงาม สุนทรียภาพและศิลปะได้มากยิ่งขึ้น

2.6 ช่วยในการแก้ปัญหาสังคม เนื่องจากสภาพสังคมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องคิดหรือหาวิธีใหม่ ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เพิ่มมากขึ้นให้หมดไป

2.7 ช่วยให้เกิดความเจริญก้าวหน้าและดำรงไว้ซึ่งมนุษยชาติ ความคิดสร้างสรรค์ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ ศิลปะ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง เป็นต้น ช่วยยกมาตรฐานการดำรงชีวิตทำให้มนุษย์เป็นสุข และสามารถสร้างสรรค์สังคมให้เจริญขึ้นตามลำดับ

อารี พัน ธีรมณี (2545) กล่าวว่า ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์และเป็นปัจจัยในการส่งเสริมความก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดสามารถดึงเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของทรัพยากรมนุษย์ออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากเท่าใดก็ยังมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้าได้มากเท่านั้น อย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเยอรมนี ที่ประชาชนมีความคิดสร้างสรรค์ มีความกล้าในการคิดกล้าใช้จินตนาการ จนสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่แปลกใหม่เป็นประโยชน์เอื้ออำนวยความสะดวก และเหมาะสมกับสภาพการณ์

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546) กล่าวว่า ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ มีดังนี้

1. มีความสำคัญต่อมวลมนุษยชาติ เพราะหากมนุษย์ไม่มีความคิดสร้างสรรค์คงดำเนินชีวิตอย่างซ้ำซากจำเจ อีกทั้งมนุษย์ยังมีความอ่อนแอกว่าสัตว์โลกอื่น ๆ หากเผชิญอันตรายยากจะเอาตัวรอดได้แต่มนุษย์มีความสามารถในการคิดและสร้างสรรค์โดยเฉพาะ “ภาษา” ที่ใช้ในการสื่อสารถ่ายทอด แลกเปลี่ยน และสั่งสมองความรู้ วัฒนธรรมต่าง ๆ มีการสืบทอดเป็นมรดกแก่อนุชนโดยไม่ขาดสาย วัฒนธรรมทุกแขนงไม่ว่าจะเป็นศิลปะ ดนตรี วรรณคดี ประเพณี ศาสนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีล้วนเป็นผลิตผลที่ออกมาจากความคิดสร้างสรรค์ทั้งสิ้น

2. มีความสำคัญต่อประเทศชาติ เพราะประเทศใดที่มีทรัพยากรมนุษย์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ก็จะช่วยให้สามารถพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าไปได้อย่างรวดเร็ว

3. มีความสำคัญต่อองค์กร เพราะองค์กรใดที่สามารถส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศในที่ทำงานที่มีลักษณะเปิดกว้างทางความคิด ผู้บริหารมีท่าทียอมรับและกระตุ้นให้พนักงานได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ก็จะเป็นการส่งเสริมให้บรรยากาศที่เอื้อต่อการร่วมมือและสร้างสรรค์ในที่ทำงาน ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลให้แก่องค์กร

4. มีความสำเร็จต่อปัจเจกบุคคล เพราะการคิดช่วยนำพาบุคคลไปพบจุดมุ่งหมาย และ แสวงหาคคุณค่าในชีวิต หากไม่มีความสามารถในการคิด บุคคลก็จะไม่สามารถดำเนินชีวิตไปในทางที่ดีขึ้นหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ การที่จะคิดวางแผนแก้ปัญหาและตัดสินใจในชีวิตได้ดีนั้น ต้องมีการคิดที่ดี การคิดแบบสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งต่อการดำรงชีวิต อุปสรรคของความคิดสร้างสรรค์อาจมาจากความเคยชิน การใช้เวลาว่างและพลังงานจำกัดประกอบกับความคิดที่ว่าทำแค่นี้ก็พอแล้ว ในทางตรงกันข้าม ผู้ที่ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อื่น กล่าวที่จะเผชิญกับความยากลำบาก ไม่หวั่นกลัวต่อความล้มเหลว มีความมุ่งมั่นจริงจังที่จะทำสิ่งที่ตั้งใจไว้ให้สำเร็จ มีจินตนาการและลงมือปฏิบัติให้สัมฤทธิ์ผลด้วยความเอาใจจริงเอาใจและมีความพยายามอย่างต่อเนื่อง ก็จะเป็นการยกระดับ ความสามารถ ความอดทน

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์นั้นมีความสำคัญต่อการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวันอย่างมาก โดยความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถสร้างผลงานหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนได้ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อตนเองและส่วนรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์นั้นยังทำให้เกิดการเรียนรู้ โดยเฉพาะกิจกรรมเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ต่าง ๆ ที่จัดขึ้นเพื่อให้เด็กได้รู้จักการใช้จินตนาการจึงเกิดการริเริ่มสร้างสรรค์ ทดลองแก้ไขปัญหาเพื่อนำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ และนำไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิตและสังคม

2.3.4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

อาร์ รังสินันท์ (2552) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือเรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent Thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัด และตรงประเด็นมากที่สุดซึ่งจะนับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1.1 ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ (Word Fluency)

1.2 ความคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Association Fluency)

1.3 ความคล่องแคล่วด้านแสดงออก (Expressional Fluency)

1.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency)

2. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึงความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดาอาจเกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่ หรือความคิดจินตนาการประยุกต์โดยเป็นการคิด และหาทางสร้างผลงานด้วยความคิดริเริ่มประกอบด้วย 3 ประการ ดังนี้

2.1 ลักษณะทางกระบวนการคือ เป็นกระบวนการคิด และสามารถแตกความคิดเดิมไปสู่ความคิดใหม่ไม่ซ้ำของเดิม

2.2 ลักษณะของบุคคลคือ เป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตัวเองมีความเชื่อมั่นกล้าคิดกล้าแสดงออก และมีสุขภาพจิตดีพร้อมที่จะเผชิญหรือเสี่ยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยความมั่นใจ

2.3 ลักษณะทางผลิตภัณฑ์ เป็นผลที่เกิดจากความคิดริเริ่มเป็นผลงานแปลกใหม่ไม่เคยปรากฏมาก่อนมีคุณค่าต่อตนเอง และส่วนรวม

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือความสามารถในการหาคำตอบได้หลายทิศทาง แบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility)

3.2 ความคิดยืดหยุ่นด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility)

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือความคิดในรายละเอียดที่นำมาตกแตงความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์เกิดเป็นภาพชัดเจน และได้ความหมาย

Dalton (2002) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบ 8 ประการ โดย 4 องค์ประกอบแรกเป็นความสามารถทางสติปัญญา และ 4 องค์ประกอบหลังเป็นความสามารถทางด้านจิตใจ และความรู้สึกรวม ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality)
2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency)
3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)
4. ความประณีตหรือความละเอียดลออ (Elaboration)
5. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)
6. ความสลับซับซ้อน (Complexity)
7. ความกล้าเสี่ยง (Risk - Taking)
8. ความคิดคำนึงหรือจินตนาการ (Imagination)

การมีความคิดสร้างสรรค์หากปราศจากความคิดละเอียดลออก็ไม่อาจทำให้เกิดผลงานหรือผลิตผลสร้างสรรค์ขึ้นมาได้ และตรงจุดนี้เป็นจุดสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ ที่เรามุ่งเน้นผลิตผลสร้างสรรค์เป็นสำคัญด้วย ซึ่งองค์ประกอบหลักของความคิดสร้างสรรค์นั้นเรามักเข้าใจ

และมุ่งเน้นไปที่ความคิดริเริ่มซึ่งแท้ที่จริงแล้ว ความคิดสร้างสรรค์ประกอบไปด้วยลักษณะความคิดหลัก ๆ 4 ด้าน คือ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ซึ่งในการวิจัยนี้ได้นำลักษณะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน มาเป็นประเด็นในการศึกษา และวัดความคิดสร้างสรรค์

Guilford (2003) กล่าวว่า รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับ ซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

2.1 ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expression Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิด แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสาร เท่านั้น

3.2 ความยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียด เป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาดัดแปลง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยความคิดริเริ่ม ความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ สำหรับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญ เช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

2.3.5 กระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Creative Process)

เทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์นั้น ครูควรที่จะนำเทคนิควิธีการต่าง ๆ มากกระตุ้นให้เกิดนิสัยและเจตคติในทางสร้างสรรค์แก่นักเรียนด้วยการหาแนวทางที่จะส่งเสริมความคิดให้นักเรียนได้ ดังนี้

ทิสนา เขมมณี (2560) ได้แบ่งกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ ครูให้นักเรียนทำงานต่าง ๆ ที่ต้องการให้นักเรียนทำ เช่น ให้เขียนบรรยาย เล่า ทำแสดง วาดภาพ สร้าง ปั้น เป็นต้น นักเรียนทำงานนั้น ๆ ตามปกติที่เคยทำเสร็จแล้ว ให้เก็บผลงานไว้ก่อน

ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างอุปมาแบบตรงหรือเปรียบเทียบแบบตรง (Direct Analogy) ครูเสนอคำคู่ให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง เช่น ลูกบอล กับมะนาว เหมือนหรือต่างกันอย่างไร คำคู่ที่ครูเลือกมาควรมีลักษณะที่สัมพันธ์กับ เนื้อหาหรืองานที่นักเรียนทำในขั้นที่ 1 ครูเสนอคำคู่ให้นักเรียนเปรียบเทียบหลาย ๆ คู่ และจดคำตอบของนักเรียนไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 3 ขั้นการสร้างอุปมานบุคคลหรือเปรียบเทียบบุคคลกับสิ่งของ (Personal Analogy) ครูให้นักเรียนสมมติตัวเองเป็นสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และแสดงความรู้สึกออกมา เช่น ถ้าเปรียบเทียบนักเรียนเป็นเครื่องซักผ้า จะรู้สึกอย่างไร ครูจดคำตอบของนักเรียนไว้ บนกระดาน

ขั้นที่ 4 ขั้นการสร้างอุปมาคำคู่ขัดแย้ง (Compressed Conflict) ครูให้นักเรียนนำคำหรือวลีที่ได้จากการเปรียบเทียบในขั้นที่ 2 และ 3 มาประกอบกันเป็นคำใหม่ที่มีความหมายขัดแย้งกันในตัวเอง เช่น ไฟเย็น น้ำผึ้งขม มัจจุราชสีน้ำผึ้ง เชื้อคนีม ๆ เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการอธิบายความหมายของคำคู่ขัดแย้ง ครูให้นักเรียนช่วยกัน อธิบายความหมายของคำคู่ขัดแย้งที่ได้

ขั้นที่ 6 ขั้นการนำความคิดใหม่มาสร้างสรรค์งาน ครูให้นักเรียนงานที่ทำไว้เดิม ในขั้นที่ 1 ออกมาทบทวนใหม่และลองเลือกนำความคิดที่ได้มาใหม่จาก กิจกรรมขั้นที่ 5 มาใช้ใน งานของตนทำให้งานของตนมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น

Guilford (1967) รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford เป็นรูปแบบการสอนที่ผู้เขียนได้พัฒนาขึ้น โดยใช้แนวคิดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียน เป็นศูนย์กลางและทฤษฎี รูปแบบ โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford (Guilford's Structure of Intellect Model) มีกรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยมี ขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างกรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบการสอน ศึกษาข้อมูล พื้นฐานที่ เกี่ยวกับปัญหาการศึกษา และประเด็นการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ เพื่อนำมาสรุปเป็นกรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดของ Guilford

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการสอน โดยกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบ การสอน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford และการสร้างเอกสารประกอบ รูปแบบการสอน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford ประกอบด้วยคู่มือการใช้ รูปแบบการสอนและแผนการจัดการเรียนรู้

Davis (1983) กล่าวว่า ได้รวบรวมแนวความคิดของนักจิตวิทยา และนักการศึกษา ที่กล่าวถึงเทคนิคในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นมาตรฐาน เพื่อใช้ในการฝึกฝนบุคคลทั่วไป ให้เป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นเทคนิคเหล่านี้ ได้แก่

1. การระดมพลังสมอง (Brainstorming) หลักสำคัญของการระดมพลังสมอง คือ การให้โอกาสคิดอย่างอิสระที่สุด โดยเลื่อนการประเมินความคิดออกไปไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์ ในระหว่างที่มีการคิด การวิจารณ์หรือการประเมินผลใด ๆ ก็ตามที่เกิดขึ้นในระหว่างการคิดจะเป็น สิ่งขัดขวางความคิดสร้างสรรค์ จุดประสงค์ของการระดมพลังสมองก็เพื่อจะนำไปสู่การที่สามารถ แก้ปัญหาได้ Alex Osborn เป็นผู้คิดเทคนิคนี้ขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนการระดมพลังสมองออกเป็น 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 ตัดการวิจารณ์ออกไปช่วยทำให้เกิดการรับรู้โดยมีสถาน ซึ่งจำเป็นต่อการเกิดจินตนาการ

ขั้นที่ 2 ให้อิสระ ยังมีความคิดที่กว้างไกลมากเท่าใดก็ยิ่งดี เพราะเป็นไปได้ที่ ความคิด ที่ดูจะไร้สาระอาจจะนำไปสู่บางสิ่งที่มีจินตนาการได้

ขั้นที่ 3 ต้องการปริมาณ ขั้นนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงจุดมุ่งหมายของการระดม พลังสมอง ยิ่งมากความคิดก็ยิ่งมีโอกาสที่จะพบความคิดดี ๆ ได้มากขึ้น

ขั้นที่ 4 การผสมผสานและปรับปรุงความคิด นั่นคือการขยายความคิดให้กว้างออกไป ในระหว่างการอภิปรายนักเรียนจะพิจารณาความคิดของตนเองและของเพื่อน ตามลำดับ

2. Attribute Listing ผู้สร้างเทคนิคนี้คือ Robert Crawford เทคนิคนี้มีลักษณะเป็นการสร้าง แนวคิดใหม่โดยอาศัยแนวคิดเดิม วิธีการที่ใช้แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ วิธี Attribute Modifying คือ การปรับเปลี่ยนลักษณะบางประการของแนวคิดหรือผลงานเดิม เช่น ในการตกแต่งห้องอาจกระทำโดยแยกแยะองค์ประกอบของห้องนั้นออกมาเป็นส่วน ๆ เช่น สีพื้น ผนังห้องปรับเปลี่ยนแต่ละส่วน เมื่อนำมารวมกันก็จะได้รูปแบบของห้องในแนวใหม่เกิดขึ้นมากมาย Attribute Transferring คือ การคิดถ่ายโยงลักษณะบางประการจากสถานการณ์หนึ่ง สถานการณ์หนึ่ง เช่น การถ่ายโยงลักษณะของงาน Carnival มาใช้เป็นแนวคิดในการจัดงานปีใหม่ของโรงเรียน เป็นต้น

3. Morphological Synthesis เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสร้างความคิดใหม่ ๆ โดยใช้วิธีการซึ่งแยกแยะองค์ประกอบของความคิดหรือปัญหาให้องค์ประกอบหนึ่งอยู่บนแกนตั้งของตาราง เรียกว่าตาราง Matrix และอีกองค์ประกอบหนึ่งอยู่บนแกนนอน เมื่อองค์ประกอบบนแกนตั้งมาสัมพันธ์กับองค์ประกอบบนแกนนอนในช่วงของตารางก็จะเกิดความคิดใหม่ขึ้น

4. Idea Checklist เป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาความคิดหรือแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยรายการตรวจสอบความคิดที่มีผู้ทำไว้แล้ว เช่น อาจใช้หรือใช้สมุดโทรศัพท์หน้าเหลืองเป็นรายการตรวจสอบความคิดในการค้นหาอาชีพต่าง ๆ ได้ 73 Idea-Spurring Questions ของ Osborn สามารถเป็นรายการตรวจสอบความคิดให้โรงงานอุตสาหกรรม เกิดความคิดในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้มากมายหลายแนวทาง

5. Synectics Methods โดยรากศัพท์ Synectics หมายความว่า การเชื่อมเข้าด้วยกันของสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกัน William J.J. Gordon เป็นผู้คิดขึ้น โดยการสร้างความคุ้นเคยที่แปลกใหม่ (Strange Familiar) และความแปลกใหม่ที่เป็นที่คุ้นเคย (Familiar-Strange) จากนั้น จึงสรุปเป็นแนวคิดใหม่ กระบวนการของการคิดเป็น Gordon นี้มี 4 ประการคือ

- 5.1 การสร้างจินตนาการขึ้นในจิตใจของเรา หรือการพิจารณาความคิดใหม่
- 5.2 การประยุกต์เอาความรู้ในสาขาวิชา หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น
- 5.3 การประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบ หรืออุปมาในการแก้ปัญหา
- 5.4 การประยุกต์เอาความคิดใด ๆ ก็ตามที่เกิดจากจินตนาการมาใช้แก้ปัญหา

จากแนวคิดเกี่ยวกับการนำเทคนิคการสอนเพื่อช่วยให้เกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ชี้ให้เห็นแล้วว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถสอนกันได้ แต่อย่างไรก็ตาม ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ ก็จะต้องมีภาวะที่เป็นอิสระสำหรับการคิด

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่จะส่งเสริมความยืดหยุ่น ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของนักเรียนให้พัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ได้ มีแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. การจำแนกชนิดของปัญหาที่จะให้นักเรียนแก้ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ในสถานการณ์ซึ่งครูได้เตรียมปัญหาไว้ให้ แต่ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาแก่นักเรียน และจากสถานการณ์ดังกล่าวจึงจะนำไปสู่สถานการณ์ที่ไม่บอกทั้งปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาแก่นักเรียนถ้านักเรียนรู้สถานการณ์ของปัญหามากน้อยเท่าไร นักเรียนก็จะสามารถคิดสร้างสรรค์ได้มากขึ้น

2. การจัดกิจกรรมแบบระดมพลังสมอง (Brainstorming) จะทำให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นโดยไม่ต้องคำนึงว่าความคิดนั้น ๆ จะถูกต้องใช้ได้หรือไม่ ซึ่งการจัดกิจกรรมแบบระดมพลังสมองนี้เป็นแนวทางส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหลายแนวทางคิดได้มากในเวลาจำกัด และเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักกระบวนการการทำงานเป็นกลุ่ม (Group Process)

3. การจัดกิจกรรมแบบให้ปฏิบัติจริงเป็นการปฏิบัติจริงที่ให้เกิดคิดโดยการกระทำ เช่นบอกปัญหาให้ บอกอุปสรรคให้แล้วนักเรียนนำไปวางแผนทดลอง พิสูจน์ อภิปราย ค้นคว้าหาความรู้เสริมเพิ่มเติม หรืออาจกำหนดข้อความให้แล้วนักเรียนนำไปพิจารณาเลือกรูปแบบที่จะสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ

4. การจัดกิจกรรมแบบให้ประสบความสำเร็จ โดยให้ทำกิจกรรมจากง่ายไปหายากเพื่อให้นักเรียนได้รับความสำเร็จ การจัดกิจกรรมที่ควรคำนึงถึงความสำเร็จนี้ ถือว่าเป็นการสร้างบรรยากาศทางจิตวิทยา ที่จะส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจภายใน ช่วยให้นักเรียนเกิดความมั่นใจ และกระตือรือร้นใคร่ที่จะค้นคว้าหาความรู้ยิ่งขึ้น

5. การจัดกิจกรรมแบบให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานเป็นรายบุคคลบ้างเพื่อเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนตามศักยภาพรายบุคคล

2.3.6 อุปสรรคในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

มีผู้กล่าวถึงอุปสรรคในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ไว้ดังนี้

อารี พันธมณี (2537) กล่าวว่า นอกจากจะใช้วิธีการสอน การสร้างสภาพแวดล้อมหรือเจตคติของผู้ใกล้แล้ว ควรจะขจัดอุปสรรคที่ สกटकั้นไม่ให้ความคิดสร้างสรรค์พัฒนาให้หมดไปจึงจะทำให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นไป อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอุปสรรคของความคิดสร้างสรรค์ มีดังนี้

1. การไม่ชอบให้ซักถาม หมายถึง การที่ผู้ใหญ่ไม่ชอบและไม่สนับสนุนให้เด็กเป็นคนช่างซักถามหรือยับยั้งการถามและรู้สึกไร้ค่าและไม่พอใจการที่เด็กถามบ่อย ๆ และโดยเฉพาะเด็กบางคนชอบถามคำถามแปลก ๆ
2. การเอาอย่างกันหรือการทำตามกัน หมายถึง การกระทำที่ชอบเอาอย่างกัน คิดตามกัน คิดในสิ่งที่เคยมีแล้ว เลียนแบบของเดิม ไม่กล้าคิดและกระทำให้แตกต่างจากคนอื่นหรือของเดิม บางครั้งอาจกล้าคิดแต่ไม่กล้าแสดงออกเพราะกลัวถูกหัวเราะเยาะ กลัวสังคมไม่ยอมรับการกระทำของตน
3. การเน้นบทบาทและความแตกต่างทางเพศมากเกินไป หมายถึง การที่สังคมได้กำหนดบทบาทของเพศหญิงและเพศชายอย่างเคร่งครัด ทำให้ทั้งสองเพศไม่กล้าล่วงล้ำในเส้นที่ขีดกำหนดไว้ทั้งที่ตนมีความสามารถ เช่น กำหนดเพศชายต้องเล่นปืนผาน้ำไม้ เพศหญิงต้อง เล่นตุ๊กตา ซึ่งสิ่งเหล่านี้ไม่ควรกำหนดตายตัวแต่ควรมีการหลวมล้ากันอยู่บ้าง
4. วัฒนธรรมที่เน้นความสำเร็จและประณามความล้มเหลว หมายถึง การที่ สังคมมีค่านิยมต่อความสำเร็จมากเกินไปเมื่อทำการสิ่งใดที่ต้องการให้เกิดความสำเร็จเพียงอย่างเดียว ล้มเหลวไม่ได้ถ้าล้มเหลวก็จะถูกประณาม ซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นเหตุให้เกิดความหวาดกลัว ไม่กล้าคิดที่แปลกใหม่
5. บรรยากาศที่เคร่งเครียดและเอาจริงเอาจังมากเกินไป หมายความว่า การกระทำและความคิดทุกอย่างจะต้องอยู่ในระเบียบแบบแผนอย่างเคร่งครัดจะคลาดเคลื่อนหรือ เบี่ยงเบนไปแม้แต่น้อยก็ถือว่าเป็นความผิดที่ร้ายแรงและไม่สามารถให้อภัยได้ บรรยากาศดังกล่าว จะทำให้เด็กรู้สึกอึดอัดหวาดกลัวและไม่กล้าคิดสร้างสรรค์
6. ความกลัว หมายถึง ความไม่กล้าคิด ไม่กล้าแสดง และไม่กล้ากระทำสิ่งใดใหม่เพราะกลัวถูกหัวเราะเยาะกลัวการถูกตำหนิติเตียน และกลัวการถูกลงโทษ ความกลัวจึงทำให้เป็นคนที่ลังเล ขาดความเชื่อมั่น อึดอัดใจและตื่นตกใจง่าย
7. ความเคยชิน หมายถึง การยอมรับหรือการติดอยู่กับรูปแบบหรือการกระทำเดิมที่เคยทำเป็นประจำโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใหม่ เคยชินกับสภาพชีวิตที่เคยเป็นมาความเคยชินเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งใหม่
8. ความมีอคติหรือความลำเอียง หมายถึง ความเชื่อหรือคิดตามทัศนคติของตนเอง ยึดมั่นกับความคิดของตนเองโดยไม่ยอมรับรู้สิ่งใหม่ เกิดทัศนคติที่แคบไม่ยอมเชื่อแนวทางอื่น ๆ ที่เป็นไปได้คิดเพียงคำตอบที่ถูกมีเพียงคำตอบเดียวเท่านั้นและในการตัดสินใจต่าง ๆ ก็จะนำเอาความคิดความเชื่อของตนแต่เพียงอย่างเดียวเข้ามาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

9. ความเฉื่อยชา หมายถึง ความอืดอาด เชื่องช้า และความล่าช้าในการริเริ่ม ทั้งความคิดและการกระทำ ความเฉื่อยชา เป็นอุปสรรคยิ่งต่อการสร้างสรรค์ เป็นการแสดงถึงการขาดความคิดริเริ่ม ขาดแรงที่จะผลักดันให้ทำสิ่งใหม่ ๆ แต่กลับเชื่องช้าอยู่กับที่

10. ความเกียจคร้าน ความเกียจคร้านเป็นอุปสรรคของงานทุกชนิดอย่าหวังว่าจะประสบความสำเร็จอย่างสร้างสรรค์เลย แม้แต่การหลีกเลี่ยงความล้มเหลวก็เป็นไปได้ยาก ความเกียจคร้านรวมถึงลักษณะที่ทำให้ผ่านไป ไม่เอาจริงเอาจังในสิ่งใดสักแต่ทำให้พอเสร็จ ทำงานอย่างไม่เต็มที่เต็มความสามารถ ดังนั้นคนที่มีความเกียจคร้านจะไม่สามารถสร้างสรรค์งานที่ดีได้

Simpberg (อ้างถึงใน โสพล มีเจริญม, 2548) กล่าวว่า อุปสรรคที่ขัดขวางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์มี 3 ประการ คือ

1. อุปสรรคด้านการรับรู้ (Perceptual Block) อุปสรรคด้านการรับรู้ได้แก่ การที่คนเราไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่แท้จริงได้เป็นเหตุให้การแก้ปัญหาที่ดำเนินไปโดยปราศจากเป้าหมายที่ชัดเจนและแน่นอน เช่น

1.1 ความยากในการจำแนกปัญหาที่แท้จริงจากปัญหาทั่วไปซึ่งเปรียบเสมือน นายแพทย์ที่พยายามรักษาคนไข้โดยไม่ทราบสาเหตุของโรคที่แท้จริง

1.2 การมองปัญหาแคบเกินไปขาดการพิจารณาสภาพแวดล้อมของปัญหานั้น

1.3 ความสามารถที่จะเข้าใจคำจำกัดความหรือนิยามของปัญหานั้นเป็นเหตุให้สื่อความเข้าใจตรงกันไม่ได้

1.4 ความที่ไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสทั้งหลายในการสังเกต การสังเกตนั้นเราสามารถใช้อวัยวะสัมผัสทั้งหมด คือ ตา หู จมูกและกายสัมผัสช่วยในการสังเกตได้

1.5 ความยากที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันน้อยทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

1.6 การมองข้ามสิ่งที่ใกล้ชิดหรือสิ่งที่เด่นชัด ซึ่งบางครั้งความเคยชินกับแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยอาจทำให้มองข้ามประเด็นที่น่าสนใจไปได้

1.7 ความล้มเหลวในการจำแนกเหตุและผลมีหลายสถานการณ์ที่ยากแก่การแยกแยะ ได้อย่างชัดเจนว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะไม่นับสรุปสาเหตุ และผลจนกว่าจะรู้แน่ชัดเสียก่อน

2. อุปสรรคด้านวัฒนธรรม (Cultural Block) อุปสรรคด้านวัฒนธรรม เป็นผลเนื่องมาจากกฎเกณฑ์ของสังคมซึ่งเป็น สิ่งกำหนดให้บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบระเบียบแบบแผน ทำให้มีผลต่อการสกัดกั้น ความท้าทายต่อการคิดค้นในสิ่งใหม่ ๆ และความเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ ของบุคคลอุปสรรคประเภทนี้ ได้แก่

2.1 ความต้องการทำตามแบบอย่างในกรอบที่ไม่แตกต่างจากผู้อื่นทำให้เกิดรูปแบบพฤติกรรมและการมองปัญหาที่คล้ายคลึงกัน การหาวิธีการแก้ปัญหาที่ยึดติดกับระเบียบแบบแผนมากเกินไปทำให้บางครั้งไม่สามารถแก้ปัญหาได้

2.2 การมุ่งมั่นในความประหยัด ซึ่งมีผลทำให้เกิดการตัดสินใจที่รวดเร็วเกินไปทำให้บุคคลไม่พยายามที่จะใช้ความคิดของตนในสิ่งแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับของเดิม เพราะการกระทำเช่นนี้ต้องลงทุนทั้งเวลาและเงินมากซ้ำยังไม่แน่ใจในความสำเร็จด้วย

2.3 ความกลัวที่จะเป็นคนไม่สุภาพเรียบร้อยกลัวผู้อื่นเห็นว่าเป็นบุคคลที่น่ารำคาญ จึงทำให้ขาดความอยากรู้อยากเห็น ไม่กล้าซักถามหรืออภิปรายในสิ่งที่ตนยังไม่เข้าใจทำให้กลายเป็นคนที่ขาดจิตสำนึกแห่งการสืบค้น

2.4 การมุ่งมั่นในเรื่องการแข่งขันหรือความร่วมมือกันมากเกินไปบุคคลทั่วไปมักคิดว่าการร่วมมือกันนั้นแต่ละคนต้องลดความคิดของตนเองลงเพื่อให้สอดคล้องกับความคิดของกลุ่มหรือลดความขัดแย้งลงซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนัก ความจริงความร่วมมือหมายถึงการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้โดยต้องสามารถอธิบายหรือชี้แจงความคิดของตนให้ผู้อื่นเข้าใจหรือยอมรับได้ ส่วนการมุ่งแข่งขันจนเกินไปนั้นก็มีผลทำให้บุคคลมองข้ามเป้าหมายที่แท้จริงของงานนั้น โดยจะมุ่งเอาชนะแต่อย่างเดียวทำให้ละเลยความคิดริเริ่มของตนต่อไป

2.5 การยึดมั่นสถิติมากเกินไป การยึดมั่นในตัวเลขโดยไม่ได้พิจารณา ตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เข้าใจสภาพความเป็นจริงผิดไปได้

2.6 ความยากในการสรุปอ้างอิงพฤติกรรมของแต่ละบุคคลเพราะแต่ละบุคคลที่มีพฤติกรรมเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง จึงเป็นการยากในการมอบหมายงานที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

2.7 การยึดมั่นในเหตุผลและความจริงมากเกินไปหรือการหลงเชื่อความจริงในอดีตมากเกินไปมีผลทำให้บุคคลขาดความคิดสร้างสรรค์ได้เช่น ถ้าเราเชื่อว่าพายุที่เบากว่าอากาศเท่านั้นที่สามารถบินได้บัดนี้ก็คงจะไม่มีเครื่องบินใช้

2.8 การขาดความประนีประนอมในความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกัน เข้าด้วยกัน ซึ่งส่วนมากแล้วบุคคลส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มที่จะต่อต้านหรือไม่ยอมรับความคิดที่ไม่ตรงกับตนอย่างสิ้นเชิงและจะยอมรับความคิดที่ตรงกับตนเองในทันทีลักษณะเช่นนี้มีผลทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้นมา

2.9 การมีความรู้เกี่ยวกับขอบข่ายงานที่ปฏิบัติมากหรือน้อยเกินไป บุคคลที่มีความรู้ น้อยหรือแคบเกินไปก็ไม่สามารถนำมาอภิปรายและสร้างสรรค์ให้เกิดความคิดริเริ่มใหม่ ๆ ขึ้นมาเช่นเดียวกันคนที่มีความรู้มากจะมีความรู้ดีกว่าความคิดของตนถูกต้องดีกว่าผู้อื่นเสมอ

จึงไม่รับฟังความคิดของผู้อื่นเลย ลักษณะเช่นนี้ก็เป็นอุปสรรคต่อความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลในองค์กรนั้น

2.10 การมีความเชื่อว่าความคิดฝันเป็นสิ่งไร้ค่าบุคคลจึงไม่ยอมรับฟัง ความคิด ฝันในสิ่งแปลกใหม่โดยเห็นว่าเป็นเรื่องเพ้อฝันไร้สาระ ซึ่งความเป็นจริงแล้วสิ่งประดิษฐ์ ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นส่วนใหญ่จะได้มาจากความคิดฝันมาก่อนทั้งสิ้น

3. อุปสรรคด้านอารมณ์ (Emotion Block) อุปสรรคด้านอารมณ์จัดเป็นอุปสรรค ที่สำคัญประการหนึ่งทั้งนี้เพราะอารมณ์ของบุคคลอันได้แก่ ความ โกรธ ความกลัว ความรัก ความชอบ ความเกลียดเป็นต้น นับว่ามีความสำคัญต่อปัญหาและ เหตุผลถ้าบุคคลมีอารมณ์เกิดขึ้น สูงความสามารถทางปัญญาและเหตุผลของคนนั้นก็ต่ำ ลง นั่นคือ อารมณ์เป็นตัวสกัดกั้นความคิด และเหตุผลตลอดจนความคิดสร้างสรรค์ของบุคคล อุปสรรค ทางอารมณ์ที่สำคัญ คือ

3.1 ความกลัวที่จะทำผิด หรือทำในสิ่งที่ผู้อื่นมองเห็นว่าไร้ด้วยกลัว เช่นนี้ จึงทำให้สูญเสียความคิดที่ดี ๆ ไป เพราะเจ้าของความคิดไม่กล้าที่จะเสนอความคิดนั้นออกมาด้วยเกรงว่าจะถูกผู้อื่นมองเห็นว่าเป็นเรื่องไร้สาระ

3.2 การด่วนตัดสินใจยอมรับความคิดอันแรกที่เกิดขึ้นทันที โดยไม่เปิดโอกาส คิดหาแนวทางอื่นที่แตกต่างออกไป ความจริงความคิดอันแรกอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีที่สุดเสมอไป อาจมีความคิดอื่นที่ดีกว่าได้ ถ้ายอมรับตั้งแต่ความคิดอันแรกแล้วจะเป็นการสกัดกั้นความคิดอื่น ๆ ไป

3.3 การที่บุคคลยึดติดกับความคิดของตนเอง บุคคลส่วนมากมัก จะยึดติด ความคิดความเชื่อของตนเองและยากที่จะเปลี่ยนแปลงตามความคิดหรือข้อเสนอแนะของบุคคลอื่น และจะต่อต้านความคิดที่ไม่ตรงกับความคิดของตนเองด้วย

3.4 ความไม่อดทนอดกลั้นต่อการแสวงหาวิธีแก้ปัญหาที่ยุ่งยากบุคคลทั่วไป ส่วนมากจะมุ่งหวังให้ผลสำเร็จไว้มุ่งเมื่องานนั้นประสบปัญหาที่จะเกิดความคับข้องใจและมุ่งที่จะแก้ปัญหาที่แบบหวัชชนฝ่าไม่พยายามที่จะรวบรวมสติและความคิดในการหาหนทางอื่น ๆ

3.5 ความต้องการความปลอดภัยสูงเกินไป ทุกคนมีความต้องการความปลอดภัยสูง แต่ถ้าสูงมากเกินไปก็จะทำให้เราเป็น โรคประสาทได้และเมื่อบุคคลต่างมุ่งไปที่ ความปลอดภัยของตัวเองแล้วก็จะมิผลทำให้ละเลยต่อ โอกาสที่จะรับรู้สิ่งใหม่ ๆ ไปอย่างน่าเสียดาย

3.6 ความกลัวต่อการนิเทศแนะนำและไม่ไว้วางใจเพื่อนร่วมงาน ความรู้สึก เช่นนี้ทำให้บุคคลขาดความเชื่อมั่นและความไว้วางใจซึ่งกันและกันซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการสกัดกั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาและการกระทำกิจกรรมที่สร้างสรรค์

3.7 การขาดความพยายามที่จะแก้ปัญหา บุคคลส่วนมากชอบที่จะดำเนินโครงการใหม่ ๆ และให้ความสนใจกับโครงการนั้นในระยะสั้น ๆ ในระยะยาวบุคคล มักขาดการเอาใจใส่ติดตามแก้ปัญหา

3.8 การขาดแรงจูงใจในการแก้ปัญหาสาเหตุเนื่องจากขาดผู้เห็นด้วยหรือขาดผู้สนใจในแนวทางแก้ปัญหาที่ตนได้เสนอ อาจเป็นเพราะไม่แน่ใจในแนวทางแก้ปัญหานั้น หรือมีความรู้ความเข้าใจไม่ดีพอ จึงมีผลทำให้ผู้เสนอทางแก้ที่ขาดแรงจูงใจที่จะคิดต่อไป

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า อุปสรรคของความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ อุปสรรคภายนอกและอุปสรรคภายใน อุปสรรคภายนอกจะหมายถึง ข้อจำกัดอันเกิดจากขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม และกฎเกณฑ์ของสังคมหรือสภาพแวดล้อมภายนอก ส่วนอุปสรรคภายในนั้นจะหมายถึง นิสัยใจคอ ท่าที และทัศนคติของคนแต่ละคน

1. อุปสรรคภายนอกจะเกิดขึ้นในลักษณะเช่น ธรรมเนียมที่ไม่เปิดโอกาสให้เด็กได้ซักถามตามความอยากรู้อยากเห็น ธรรมเนียมของการขอบคิดตามอย่างกันซึ่งถ้าคิดแปลกจากคนอื่นจะไม่เป็นที่ยอมรับของสังคม ธรรมเนียมที่เน้นบทบาทความแตกต่างระหว่างเพศอย่างชัดเจนในเรื่องหน้าที่ของหญิงและชาย วัฒนธรรมสังคมให้ค่านิยมกับความสำเร็จและไม่ยอมรับความล้มเหลวทำให้คนไม่กล้าทดลองทำสิ่งใหม่ ๆ การเน้นระเบียบและกฎเกณฑ์มากเกินไป ถ้าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ถือเป็นความผิดซึ่งขาดความยืดหยุ่นทำให้ไม่กล้าแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

2. อุปสรรคภายในที่เกิดขึ้นจากตัวเราเองก็ได้แก่ ความกลัวที่จะถูกตำหนิติเตียนและหาว่าแปลกความเคยชินการคิดแบบเดิมที่เคยทำอยู่เป็นประจำ การมีอคติหรือมีทัศนคติที่คับแคบว่าคำตอบที่ถูกต้องมีเพียงคำตอบเดียว ความเฉื่อยชาและอึดอาดในการเริ่มคิดเริ่มทำทำให้ขาดแรงกระตุ้นที่จะทำสิ่งใหม่ ๆ สรุปว่าถ้าเราต้องการจะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเราให้เกิดขึ้นก็ต้องพยายามกำจัดอุปสรรคทั้งภายนอกและภายในทิ้งไปให้ได้มากที่สุด

2.3.7 การวัดและการประเมินความคิดสร้างสรรค์

มัสยา แสนสม (2552) กล่าวว่า ลักษณะของแบบทดสอบการวัดความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบสถานการณ์ปลายเปิด ประเภทเขียนตอบ 3 ข้อ ใช้เวลาทำข้อละ 10 นาที รวมทั้งสิ้น 30 นาที ดังนี้

ข้อที่ 1 การคาดคะเนเหตุการณ์

ข้อที่ 2 การแก้ปัญหาจากเหตุการณ์

ข้อที่ 3 การคาดคะเนเหตุการณ์

การตรวจให้คะแนน การตรวจให้คะแนนทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ข้อ พิจารณา คำตอบของนักเรียนในข้อแต่ละข้อ โดยในแบบทดสอบแต่ละข้อจะตรวจให้คะแนน 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละข้อไม่มีคะแนนเต็ม แต่จำกัดเวลา การตรวจให้คะแนนมีหลัก ดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน โดยนับจากคำตอบที่นักเรียนตอบได้ ไม่ว่าจะคำตอบนั้นจะซ้ำกับคนอื่นหรือไม่

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ให้คะแนนโดยนับจำนวนกลุ่มหรือจำนวนประเภทของคำตอบโดยนำคำตอบจากการให้คะแนนความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ไปจัดกลุ่มหรือประเภทใหม่ คำตอบใดเป็นคำตอบทิศทางเดียวกัน หรือความหมายเดียวกันจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วนับจำนวนกลุ่ม และให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มหรือประเภทของคำตอบที่จัดไว้ นั่น โดยให้กลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ ให้คะแนนเฉพาะคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับนักเรียนคนอื่นที่เข้าสอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนริเริ่ม ดังนี้

คำตอบที่ซ้ำกันเกิน 5 คนขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คำตอบที่ซ้ำกัน 5 คน ให้ 1 คะแนน

คำตอบที่ซ้ำกัน 4 คน ให้ 2 คะแนน

คำตอบที่ซ้ำกัน 3 คน ให้ 3 คะแนน

คำตอบที่ซ้ำกัน 2 คน ให้ 4 คะแนน

คำตอบที่ซ้ำกัน 1 คน หรือไม่ซ้ำกับคนอื่น ให้ 5 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน ได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ จากทั้ง 3 ข้อมารวมกัน

อารี พันธุ์ณี (2557) กล่าวว่า ได้รวบรวมแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ ทศินี พุกชลธาร ได้สร้างแบบทดสอบตามแนวคิดของทอแรนซ์ เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น โดยวัดความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดยืดหยุ่น แบบวัดมี 3 ข้อ คือ

ข้อ 1 “สมมติว่าบน โลกมีหมอกควันหนาแน่นมากจนมองเห็นกันแค่เขาเท่านั้น อะไรจะเกิดขึ้นมันจะทำให้ชีวิตบนโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง”

ข้อ 2 “พยายามหาความคิดเสรี แปลกใหม่” ให้นักเรียนคิดหาวิธีที่จะทิ้งไข่ดิบ (ไข่ไก่หรือไข่เป็ดก็ได้) 1 ฟอง ลงจากตึก 3 ชั้น โดยที่เมื่อไข่ตกถึงพื้นดินไข่ยังไม่แตก (นักเรียนจะใช้อุปกรณ์ใดช่วยก็ได้)

ข้อ 3 “ปลาทอง” จะนำปลาทองไปทดลอง โดยไม่ให้ปลาทองบาดเจ็บถึงกับพิการหรือตาย และให้คิดหาวิธีแปลก ๆ

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ สุมาลี กาญจนชาติรี ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนอายุ 11-15 ปี แบบทดสอบมี 3 ข้อ ดังนี้

ข้อ 1 “การใช้ประโยชน์” ให้บอกประโยชน์ของรูปภาพซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณที่เป็นภูเขาที่ไม่มีต้นไม้ ภูเขาที่ไม่มีต้นไม้ ที่ราบ หนองน้ำ (น้ำจืด) ที่เนิน หาดทราย และทะเล แล้วให้นักเรียนเขียนการใช้ประโยชน์จากบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพื้นดินได้อย่างไร โดยอาจใช้บริเวณหนึ่งซ้ำได้ พยายามคิดเรื่องการใช้ประโยชน์ที่เป็นไปได้ แปลกใหม่ให้มากที่สุดเท่าที่จะคิดได้

ข้อ 2 “นักประดิษฐ์” ให้นักเรียนเลือกเครื่องมือเครื่องใช้ที่เป็นไปได้ และแปลก ๆ ใหม่ ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะคิดได้ จากอุปกรณ์ และวัสดุที่กำหนดให้ (กระป๋อง รูปถ่าย ขวด ไม้ไผ่ มีด กรรไกร ค้อน กาว เทปติดกระดาษกาว) แล้วบรรยายถึงวิธีทำเครื่องมือ หรือของใช้แต่ละชุดวาดรูป และบอกการนำไปใช้อย่างย่อ

ข้อ 3 “นักค้นคว้า” มีโจทย์บรรยายว่า นักพฤกษศาสตร์เข้าไปสำรวจพันธุ์ไม้ ในป่าแล้วก็นำต้นกล้า กิ่งใบ พร้อมทั้งเมล็ดมาอย่างละ 10 กิโลกรัม เพื่อใช้ศึกษาทดลองโดยนำส่วนต่าง ๆ ของพืชชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านวิทยาศาสตร์ เกษตร อุตสาหกรรม และอื่น ๆ พยายามคิดหาวิธีทดลองที่เป็นไปได้หลาย ๆ แบบ อธิบายวิธีทดลองอย่างย่อ ๆ นักเรียนจะใช้ อุปกรณ์ สารเคมีก็ได้

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ อารี พันธุ์มณี โดยเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ ไม่เพียงแต่จะทำให้ทราบระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก และเป็นข้อมูลให้สามารถ จัดโปรแกรมการเรียนการสอน และกิจกรรมให้สอดคล้องเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงขึ้นเท่านั้น แต่ยังสามารถสกัดกั้นปัญหาต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ด้วย นับว่าผลของการวัดความคิดสร้างสรรค์ จะทำให้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้สมบูรณ์ขึ้น สำหรับวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กนั้น ได้สรุปไว้ดังนี้

3.1 การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์

3.2 การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นการถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สีเหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมเป็นภาพ

3.3 รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กได้ดูภาพรอยหยดหมึกแล้ววาดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี

3.4 การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน นักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กในวัยประถมศึกษาที่มีความสำคัญยิ่ง หรือเป็นจุดวิกฤตของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เด็กมีความสนใจในการเขียนสร้างสรรค์ และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะจากการศึกษาประวัติบุคคลสำคัญของนักประดิษฐ์ นักวิทยาศาสตร์ของโลก เช่น นิวตัน เจมส์ ฮิลเลอร์ และ ปาสคาลร์ พบว่า กลุ่มบุคคลเหล่านี้ ได้แสดงแนวสร้างสรรค์ด้วยการประดิษฐ์และสร้างผลงานชิ้นแรกเมื่ออยู่ในวัยประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่

3.5 แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ มีทั้งใช้ภาษาเป็นสื่อ และที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบมีการกำหนดเวลาด้วย ปัจจุบันก็เป็นที่ยอมรับให้กันมากขึ้น เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance เป็นต้น ได้แก่ แบบทดสอบของ Guilford, Torrance, Wallach and Kogan และ Jellen and Urban ซึ่งแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์แต่ละชนิดมีรายละเอียดของเครื่องมือ ดังนี้

3.5.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford

การวัดความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโครงสร้างเชาวน์ปัญญาของ Guilford ถ้าจะวัดให้ครบถ้วนสมบูรณ์จะต้องสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทั้งหมด แต่ในทางปฏิบัติจะไม่วัดทั้งหมด ซึ่ง Guilford ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กขึ้น โดยวัดเพียง 1 ใน 3 ของความสามารถทั้งหมด เท่านั้น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ คือ ฉบับภาษา (Verbal Tasks) กับฉบับรูปภาพ (Nonverbal Tasks) แต่ละฉบับประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุด ดังนี้ (Guilford, 1967, p. 197, อ้างถึงใน ประสาท อิศรปริดา, 2549, น. 155)

3.5.1.1 ฉบับภาษา (Verbal tasks) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุด คือ

ชุดที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถ DM (Divergent-Memanticunits) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาเป็นหน่วย

ชุดที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMC (Divergent-Semantic Classes) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาเป็นประเภทหรือกลุ่ม

ชุดที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMR (Divergent Semantic Relation) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปของความสัมพันธ์

ชุดที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMS (Divergent Semantic Systems) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปของระบบ

ชุดที่ 5 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMI (Divergent Semantic Implication) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปการประยุกต์

3.5.1.2 ฉบับรูปภาพ (No Verbal Tasks) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุด

ชุดที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVU (Divergent-Visual Units) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของหน่วย

ชุดที่ 2 แบบทดสอบความสามารถ DVC (Divergent-Visual Classes) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของประเภทหรือกลุ่มคิด

ชุดที่ 3 แบบทดสอบความสามารถ DV (Divergent Visual Systems) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของระบบ

ชุดที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVT (Divergent-Visual Transformation) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของการแปลงรูป

ชุดที่ 5 แบบทดสอบความสามารถ DVI (Divergent-Visual Implication) เป็นแบบทดสอบให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของการประยุกต์

การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แต่ละฉบับจะวัดความคิดสร้างสรรค์เพียงด้านเดียว หรือให้คะแนนแบบเดียว เช่น ถ้าจะวัดด้านความคิดคล่องแคล่วแบบทดสอบที่ใช้วัดก็จะให้คะแนนตามจำนวนคำตอบที่เด็กตอบได้ แต่ถ้าจะวัดด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม หรือด้านความคิดละเอียดลออ ก็จะสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่อีกต่างหาก แต่ถ้าจำเป็นจะใช้แบบทดสอบเดิมแต่ต้องการวัดด้านอื่นจะต้องมีคำชี้แจงไว้ชัดเจน เช่น ถ้าจะวัดด้านความคิดยืดหยุ่น การให้คะแนนก็จะให้ตามจำนวนคำตอบที่มีทิศทางที่แตกต่างกันถ้ามีทิศทางเดียวกันก็จะนับเป็น 1 คะแนน เป็นต้น

3.5.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (Torrance Test of Creative Thinking) ซึ่งรู้จักกันแพร่หลายก็คือ ฉบับภาษา (Thinking Creatively with Words) และ ฉบับรูปภาพ (Thinking Creatively with Picture) แต่ละฉบับจะมี 2 ชุด คือ ชุด ก และชุด ข ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ชุดใดชุดหนึ่งก็ได้

3.5.2.1 ฉบับภาษา (Verbal Tasks) แบบทดสอบฉบับนี้ Torrance เรียกว่า การคิดอย่างสร้างสรรค์ด้วยคำ (Thinking Creatively With Words) มีทั้งหมด 7 ชุด ชุดที่ 13 เป็นชุดถาม และเดา (Ask and Guess) ชุดที่ 4 เป็นชุดปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น (Product Improvement) ชุดที่ 5 เป็นชุดประโยชน์แบบแปลก ๆ ของสิ่งของ (Unusual Uses) ชุดที่ 6 เป็นชุดคำถามแปลก ๆ (Unusual Questions) และชุดที่ 7 เป็นชุดคิดแบบสมมติ (Just Suppose)

ชุดที่ 1-3 ชุดถามและเดา (Ask and Guess) แบบทดสอบชุดนี้จะเริ่มด้วยการให้ผู้ถูกทดสอบดูภาพที่กำหนดให้ แล้วกระตุ้นให้เขาถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในภาพนั้น ให้เขาเดาสาเหตุหรือให้เหตุผลในสิ่งที่เกิดขึ้นและเดาผลลัพธ์ที่จะตามมา

ชุดที่ 4 ชุดปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvement) แบบทดสอบ ชุดนี้จะ เป็นภาพตุ๊กตาสุนัข ผู้ทดสอบจะให้เด็กดูภาพแล้วให้เด็กจินตนาการและตอบด้วยคำพูดว่า ควรจะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตุ๊กตาสุนัขตัวนั้นอย่างไรบ้าง เพื่อให้เป็นตุ๊กตาที่น่าเล่น และให้เกิด ความสนุกสนานมากขึ้น

ชุดที่ 5 ชุดประโยชน์แบบแปลก ๆ ของสิ่งของ (Unusual Uses) เป็นแบบทดสอบที่คล้ายกับชุดประโยชน์ของก๊อนอิฐของ Guilford เช่น กระจกมีประโยชน์อะไรบ้าง ตอบมาให้มากที่สุด

ชุดที่ 6 ชุดคำถามคำแปลก ๆ (Unusual Questions) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบคิดคำถามที่แปลก ๆ มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ชุดที่ 7 ชุดการคิดแบบสมมติ (Just Suppose) แบบทดสอบชุดนี้จะกระตุ้นให้ผู้ตอบเกิดจินตนาการจากการสมมติในสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ เช่น ถ้าฝนที่ตกลงมาแบ่งตัวเป็น นาน้ำแข็งและเมื่อดฝนค้างอยู่ในอากาศโดยไม่เคลื่อนลงมา จะเกิดอะไรขึ้น ตอบมาให้มากที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ฉบับภาษาไทย จะให้คะแนนตามด้านการคิดเพียง 3 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดยืดหยุ่น และในชุดที่ 6 ที่มีการใช้กันในฉบับก่อน ๆ นั้น ได้ถูกตัดไป เนื่องจากมีผลการศึกษาพบว่าชุดที่ 6 ไม่มีความสัมพันธ์ชัดเจนกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของบุคคล ดังนั้นจึงเหลือเพียง 6 ชุด โดยแต่ละชุดมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้ (นิธิพัฒน์ เมฆขจร, 2547)

ชุดที่ 1 ชุดถามและเดา (Ask and Guess) กิจกรรมการตั้งคำถามมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำถามที่ตั้งขึ้น จะให้คะแนนคำถามละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบที่เกี่ยวกับการตั้งคำถามนั้นตอบจากรูปภาพที่ปรากฏให้ 0 คะแนน
2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบซ้ำกับในคู่มือให้ 0 คะแนน
3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 2-3 ชุดถามและเดา (Ask and Guess) กิจกรรมการคาดเดาสาเหตุและกิจกรรมการคาดเดาผลที่จะเกิดตามมา มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้ โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับภาพที่กำหนดให้ให้ 0 คะแนน
2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบซ้ำกับในคู่มือให้ 0 คะแนน
3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 4 ชุดปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvement) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้ โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นไม่ได้ปรับปรุงเพื่อนำมาใช้ในการเล่นให้ 0 คะแนน
2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในกลุ่มมือให้ 0 คะแนน
3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 5 ชุดประโยชน์แบบแปลก ๆ ของสิ่งของ (Unusual Uses) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้ โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นเป็นการดัดแปลงแบบเพื่อฝันหรือทำในสิ่งที่เป็นไปได้ไม่ได้ให้ 0 คะแนน
2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในกลุ่มมือให้ 0 คะแนน
3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 6 ชุดการคิดแบบสมมติ (Just Suppose) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นมีความใกล้เคียงกันมากให้ 0 คะแนน
2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในกลุ่มมือให้ 0 คะแนน
3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

3.5.2.2 ฉบับรูปภาพ (No Verbal Tasks) แบบทดสอบฉบับนี้ Torrance เรียกว่า การคิดอย่างสร้างสรรค์ด้วยภาพ (Thinking Creatively with Picture) ซึ่งมี 2 ฉบับ คือ ฉบับ ก และ ฉบับ ข ผู้ดำเนินการสอบสามารถเลือกใช้ฉบับใดก็ได้ แบบทดสอบทั้งฉบับ ก และฉบับ ข ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด หรือ 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การวาดภาพ (Picture Construction) กิจกรรมนี้จะให้ เด็กวาด ต่อเติมส่วนของภาพที่กำหนดให้ ภาพที่กำหนดในฉบับ ก จะเป็นภาพคล้ายรูปไข่ ฉบับ 1 จะเป็น ภาพคล้ายรูปถ้วย โดยให้วาดเป็นภาพของอะไรก็ได้ให้สมบูรณ์ ให้เด็กพยายามคิดและวาดภาพ ที่แปลก ๆ แล้วเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อให้เป็นภาพที่น่าสนใจ เร้าใจ และแปลกใหม่ ให้มากที่สุด เท่าที่จะทำได้ เมื่อวาดเสร็จแล้วให้คิดชื่อภาพนั้น ๆ ให้เป็นชื่อที่แปลก ๆ แล้วเขียนไว้ใต้ภาพ ดังกล่าว

กิจกรรมที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) กิจกรรมนี้จะมีภาพเส้นซึ่งเป็นส่วนของภาพ ๆ หนึ่งจำนวน 10 ภาพ ให้เด็กต่อเติมภาพดังกล่าวให้เป็นรูปหรือ ภาพอะไรก็ได้ให้สมบูรณ์ ให้เด็กพยายามคิดและต่อเติมให้เป็นภาพที่แปลก ๆ แล้วเพิ่มเติม รายละเอียดเพื่อให้เป็นภาพที่น่าสนใจ เร้าใจ และแปลกใหม่ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อวาดเสร็จ แล้วให้คิดชื่อภาพนั้น ๆ ให้เป็นชื่อที่แปลก ๆ แล้วเขียนไว้ใต้ภาพดังกล่าว

กิจกรรมที่ 3 ให้ต่อเติมภาพเส้นคู่ขนานหรือวงกลมกิจกรรมนี้ ถ้าเป็นฉบับ ก จะมีภาพเส้นคู่ขนาน จำนวน 30 คู่ ถ้าเป็นฉบับ ข จะมีวงกลม จำนวน 30 รูป ในการสอบจะให้เด็ก วาดภาพสิ่งใด ๆ ก็ได้ โดยใช้ภาพที่กำหนดให้เป็นส่วนประกอบสำคัญของภาพหรืออาจจะต่อเติม เส้นคู่ขนาน (หรือวงกลม) หลาย ๆ ภาพเข้าด้วยกันเป็นภาพเดียวกันก็ได้ ให้เด็กพยายามคิดและ วาดเป็นภาพที่แปลก ๆ พยายามวาดเป็นภาพต่าง ๆ กันให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หลังจากวาดเสร็จ แล้วให้ตั้งชื่อภาพแต่ละภาพเป็นชื่อแปลกแล้วเขียนกำกับไว้ใต้ภาพแต่ละภาพนั้น ๆ ในการสอบเด็ก จะมีเวลาทำกิจกรรมกิจกรรมละ 10 นาที โดยก่อนสอบผู้ดำเนินการสอบต้องกระตุ้นให้เด็กเห็น ความสำคัญและเกิดแรงจูงใจในการทำข้อสอบ วิธีการทดสอบทำได้ทั้งที่เป็นรายบุคคลและ เป็นกลุ่มในการให้คะแนนจะมีเกณฑ์ให้คะแนนด้านความคล่องในการคิดด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านการคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ

การให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance มีการให้ คะแนนแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) และด้านความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

Rather (2004) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Wallach and Kogan พัฒนาแบบทดสอบวัด ความคิดสร้างสรรค์บนพื้นฐานการเชื่อมโยง แนวความคิด โดยสร้างจำนวน 5 ฉบับ วัดจาก 2 ปัจจัย คือ จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน และจำนวนคำตอบทั้งหมด ดังนี้

ฉบับที่ 1 การยกตัวอย่างที่เป็นไปได้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Instances) เป็น แบบทดสอบทางภาษา (Verbal) เช่น

1. บอกชื่อของสิ่งของทั้งหมดที่มีลักษณะกลมเท่าที่คิดได้

2. บอกชื่อสิ่งของทั้งหมดเท่าที่คิดได้ที่ทำให้เกิดเสียง
3. บอกชื่อของสิ่งของทั้งหมดที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่าที่คิดได้

ฉบับที่ 2 บอกการใช้ประโยชน์ของสิ่งของ (Alternate Uses) เป็นแบบทดสอบทางภาษา (Verbal) บอกการใช้ประโยชน์ที่นอกเหนือจากการใช้ตามปกติ มี 8 ข้อ เช่น

1. บอกการใช้ประโยชน์จากหนังสือพิมพ์ที่แตกต่างกันให้มากที่สุด
2. บอกการใช้ประโยชน์จากมีดที่แตกต่างกันให้มากที่สุด
3. บอกการใช้ประโยชน์จากไม้ก๊อกที่แตกต่างกันให้มากที่สุด

ฉบับที่ 3 การบอกคล้ายคลึง (Simulate) เป็นแบบทดสอบทางภาษา (Verbal) บอกความเหมือนของ 2 สิ่งที่กำหนดให้ มี 10 ข้อ เช่น

1. บอกความคล้ายคลึงกันของมันฝรั่ง และหัวผักกาดมาให้มากที่สุด
2. บอกความคล้ายคลึงกันของแมว และหนูมาให้มากที่สุด
3. บอกความคล้ายคลึงกันของเนื้อ และนมมาให้มากที่สุด

ฉบับที่ 4 การการบอกความหมายของภาพ (Pattern Meaning) เป็นแบบทดสอบรูปภาพ (Visual) เป็นการวัดที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นรูปภาพ มี 8 ข้อ เช่น จากรูปภาพนี้ให้บอกสิ่งของที่นึกถึงมาให้มากที่สุด

ฉบับที่ 5 การบอกความหมายของเส้น (Line Meaning) เป็นแบบทดสอบรูปภาพ (Visual) ให้บอกความหมาย หรือตีความหมายจากเส้น มี 10 ข้อ เช่น จากเส้นที่กำหนดให้คุณสามารถเปลี่ยนได้ตามต้องการ จงบอกสิ่งที่คุณทำได้ให้มากที่สุดว่าเป็นอะไรได้บ้าง

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford สามารถวัดด้านการคิดได้ครอบคลุมทั้งด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดยืดหยุ่น และด้านความคิดละเอียดลออ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงจะประยุกต์ใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford เพื่อวัดการคิดทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดยืดหยุ่น และด้านความคิดละเอียดลออ

2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2521) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำการใด ๆ ที่อาศัยทักษะหรือต้องอาศัยความรู้ในวิชาหนึ่งหรือวิชาใดโดยเฉพาะ

ภพ เลาไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมแสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอนและเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือประมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา หรือความรู้

อนุวัติ คุณแก้ว (2558) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดทางด้านความรู้ ความสามารถและทักษะต่าง ๆ ของนักเรียนที่ได้เรียนรู้ หรือได้รับการสอนและฝึกฝนมาแล้วว่านักเรียนมีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยวัดจากพฤติกรรม 3 ด้าน ตามแนวคิดของ Bloom คือ ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความสามารถ) ด้านทักษะพิสัย (ทักษะ) และด้านจิตพิสัย (จิตใจ) ที่เกิดขึ้นในตัวนักเรียนภายหลังจากได้เรียนรู้มาแล้ว ซึ่งสามารถวัดเป็นชุดคำถาม และทำการประเมินว่านักเรียนมีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด

2.4.2 จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญศรี พรหมมาพันธุ์ (2553, อ้างถึงใน จรูญ เฉลิมทอง, 2559) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้วัดและประเมินผลการเรียนการสอน โดยเฉพาะการวัดสมรรถภาพทางสมองหรือพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเป็นสำคัญ เพื่อสามารถตอบสนองศักยภาพของนักเรียน และจากการวิเคราะห์การศึกษาของ สรุปจุดมุ่งหมายของการใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

1. เพื่อการจัดตำแหน่งของนักเรียน เป็นการจัดนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความสามารถ กล่าวคือ นักเรียนที่มีความสามารถใกล้เคียงกันไว้ด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอน ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับนักเรียนแต่ละกลุ่ม การทดสอบเพื่อจัดตำแหน่งนั้นต้องมีการทดสอบก่อน การเรียนการสอนในวิชานั้น ๆ ในทางการศึกษาจุดมุ่งหมาย

การใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อจัดทำตำแหน่งนิยมนำใช้กันใน 2 ลักษณะ เพื่อการจัดจำแนก เช่น แยกนักเรียนออกเป็นประเภทตาม คะแนน (A B C และ D) และเพื่อคัดเลือก

2. เพื่อการตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียน เป็นการประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนทราบศักยภาพของตนเองในขณะนั้นและใช้เป็นแนวทางให้นักเรียนพฤติกรรมต่าง ๆ ของตนเองทั้งทางด้านความรู้ความสามารถลักษณะนิสัยและทักษะต่าง ๆ ให้เป็นตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

3. เพื่อการปรับปรุงการเรียนการสอน การปรับปรุงการเรียนการสอนควรทำต่อเนื่อง อาจใช้เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วยย่อย ซึ่งเมื่อพบนักเรียนคนใดไม่ผ่านเกณฑ์ของแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ ครูก็ควรจะได้ศึกษาว่านักเรียนมีข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในเรื่องใดจะได้ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง จากนั้นจึงประเมินผลอีกครั้งหนึ่ง โดยจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน อาจจำแนกตามระยะเวลาของการวัดและการประเมินผลได้ 3 ระยะ ดังนี้

3.1 การวัดและประเมินผลก่อนการเรียนการสอน เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อหาข้อมูลสารสนเทศของนักเรียนในเมืองต้น สำหรับนำไปจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับนักเรียน ตามแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ ประกอบด้วย

3.1.1 การวัดและประเมินความพร้อมและพื้นฐานของนักเรียน เป็นการตรวจสอบ ความรู้ทักษะ และความพร้อมต่าง ๆ ของนักเรียน ที่เป็นพื้นฐานของเรื่องใหม่ ๆ ที่นักเรียนต้องการเรียน โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมแล้วนำผลการวัดและประเมินมาปรับปรุงซ่อมเสริมหรือเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมและพื้นฐานพอเพียง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้เป็นอย่างดี

3.1.2 การวัดและประเมินความรู้ในเรื่องที่จะเรียนก่อนการเรียนเป็นการวัดและประเมินนักเรียนในเรื่องที่จะทำการสอนเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความรู้และทักษะในเรื่องที่จะเรียนนั้นมากน้อยเพียงไร เพื่อนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนแต่ละคนว่าเริ่มต้นเรียนเรื่องนั้น ๆ โดยมีความรู้เดิมอยู่เท่าไรจะได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการเรียนภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วเกิดพัฒนาการหรือเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงศักยภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนและประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนครูสามารถนำผลการวัดและประเมินไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดเตรียมวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนให้สอดคล้องกับ ความรู้เดิมของนักเรียนว่าจะต้องจัดอย่างเข้มข้นหรือมากน้อยเพียงใด จึงจะทำให้แผนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาการต่าง ๆ ตามผลการเรียนที่คาดหวัง ด้วยกันทุกคนได้ในขณะที่ไม่ทำให้นักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมอยู่แล้วเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายและเสียเวลาเรียนในสิ่งที่

ตนรู้แล้ว การวัดและประเมินความรอบรู้ก่อนเรียนมีขั้นตอนการปฏิบัติเหมือนกับการวัดและประเมินความพร้อมและพื้นฐานของนักเรียน แต่ต่างกันเฉพาะความรู้และทักษะที่จะวัดและประเมินเท่านั้น

3.2 การวัดและการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้การสอนมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบพัฒนาการของนักเรียนว่าบรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้หรือไม่ ทั้งนี้สารสนเทศที่ได้จากการวัดและประเมินสามารถนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนและส่งเสริมนักเรียนที่มีความรู้ความสามารถให้เกิดพัฒนาการสูงสุดตามศักยภาพ

3.3 การวัดและการประเมินผลเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้การสอนมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความสำเร็จของนักเรียนเมื่อผ่านการเรียนรู้ในช่วงเวลาหนึ่งว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการวัดและประเมินก่อนเรียนแล้วนักเรียนเกิดพัฒนาการขึ้นมากน้อยอย่างไร ทำให้สามารถวัดและประเมินได้ว่านักเรียนมีศักยภาพในการเรียนอย่างไร และกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนานักเรียนอย่างไร จากการสรุปของกรมวิชาการ ข้อมูลการวัดและประเมินผลภายหลังการเรียนรู้การสอนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ได้แก่

3.3.1 การปรับปรุงแก้ไขซ่อมเสริมนักเรียนให้มีผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือจุดประสงค์ของการเรียน

3.3.2 การปรับปรุงแก้ไขวิธีเรียนของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3.3.3 การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการวัดและประเมินผลหลังเรียนนี้ ถ้าจะให้สอดคล้องกับการวัดและประเมินผลก่อนเรียนเพื่อการเปรียบเทียบพัฒนาการของนักเรียนสำหรับการวิจัยในชั้นเรียนควรจะใช้วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผลชุดเดียวกันหรือคู่ขนานกัน

4. เพื่อให้คำปรึกษาและแนะแนวเป็นการช่วยให้มีข้อมูลความสามารถของนักเรียน ในด้านการเรียนว่านักเรียนเก่ง อ่อน ด้อย อย่างไร ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพ โดยจะส่งผลให้นักเรียนประสบความสำเร็จได้ นั่นก็คือการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับจุดมุ่งหมายเพื่อการพยากรณ์นั่นเอง

5. เพื่อการสรุปผลการเรียนจากการวิเคราะห์ผลศึกษาของกรมวิชาการ แสดงว่าการสรุปผลการเรียนเป็นการช่วยให้สรุปการเรียนรู้การสอนเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้การสอน โดยสามารถสรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งระบบและตัดสินผลคะแนนได้ตก กล่าวคือ เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในการเรียนรายวิชาต่าง ๆ ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายปีและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายภาค การวัดและประเมินผลนี้ นอกจากจะมีจุดประสงค์

เพื่อการสรุปตัดสินความสำเร็จของนักเรียนในการเรียนสาระการเรียนรู้รายปีรายภาคเป็นสำคัญแล้วยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรายวิชา เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดพัฒนาการ และมีผลการเรียนตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ด้วย

เมษา นวลศรี (2556) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อจัดตำแหน่งนักเรียน จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อบอกตำแหน่งของนักเรียนว่า มีความรู้ความสามารถในระดับใดของกลุ่มหรือเปรียบเทียบกับเกณฑ์แล้วจัดว่าอยู่ในระดับใด
2. เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียน การใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียนนั้น เพื่อช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาทั้งทางด้านความรู้ ความสามารถ ลักษณะนิสัย และทักษะต่าง ๆ ให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้
3. เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน การใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนควรทำอย่างต่อเนื่อง อาจใช้เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วยย่อย ซึ่งพบว่านักเรียนคนใดไม่ผ่านเกณฑ์ของแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ ครูก็ควรจะได้ศึกษาว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในเรื่องใด ๆ ก็ทำการแก้ไขข้อบกพร่องนั้น และทำการประเมินผลต่อไป

อนุ วัติ คุณแก้ว (2558) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อจัดตำแหน่งนักเรียน ตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียน ปรับปรุงการเรียนการสอน ให้คำปรึกษาแนะแนว และสรุปผลการเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายที่สำคัญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ 1) เพื่อจัดตำแหน่งของนักเรียนว่า นักเรียนมีความรู้ในระดับใดของกลุ่มหรือเกณฑ์ที่กำหนด 2) เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียนว่า นักเรียนควรมีการพัฒนาศักยภาพ ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และลักษณะนิสัยในด้านใดบ้าง และ 3) เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนว่า เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วยย่อย มีนักเรียนคนใดที่ไม่ผ่านเกณฑ์จุดประสงค์การเรียนรู้ ครูก็ต้องศึกษาว่านักเรียนมีความบกพร่องในเรื่องใด แล้วทำการแก้ไขข้อบกพร่องนั้น จากนั้นจึงประเมินผลอีกครั้ง ซึ่งการปรับปรุง การเรียนการสอนควรปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.4.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553) กล่าวว่า โดยทั่วไปแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่สอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and Pencil Test) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถาม หรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียน โดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (Objective Test or Short Answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิด ได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั่วไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์ และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) กล่าวว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ว่า แบบสอบนั้นสามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกตามเกณฑ์ที่สำคัญ ดังนี้

1. จำแนกตามผู้สร้าง

1.1 แบบสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) เป็นแบบสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการมาตรฐาน โดยสำนักทดสอบหรือบริษัทสร้างแบบสอบซึ่งมักออกแบบให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระอย่างกว้าง ๆ ที่สอนในหลักสูตรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับสถาบันการศึกษาทั่วไป โดยทั่วไปมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสำหรับการให้บริการ การดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผลเปรียบเทียบกับบรรทัดฐานระดับชาติ การรายงานผล และการรายงานคุณภาพของแบบสอบ

1.2 แบบสอบที่ครูสร้าง (Teacher-Made Tests) เป็นแบบสอบที่ครูเป็นคนสร้างขึ้นมาใช้เอง จึงมักเป็นแบบสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาเฉพาะตามหลักสูตรของสถาบันใดสถาบันหนึ่ง การตรวจให้คะแนนและการแปลผลจึงมักทำการเปรียบเทียบผลเฉพาะกลุ่มที่สอบด้วยกันหรือเทียบกับเกณฑ์ที่ครูกำหนดไว้เฉพาะ

2. จำแนกตามเนื้อหาวิชา แบบสอบผลสัมฤทธิ์สามารถใช้กับวิชาต่าง ๆ ได้ จึงอาจจำแนกแบบเนื้อหาวิชา เช่น แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาประวัติศาสตร์ แคลคูลัส เภสัชศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิจัยทางสังคมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3. จำแนกตามการใช้

3.1 แบบสอบความพร้อม (Readiness Test) เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้วิชา/ บทเรียน/ หน่วยการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีพื้นฐานเพียงพอหรือไม่ จะได้ทบทวนหรือไปพื้นฐานที่จำเป็นก่อนเริ่มเรียนวิชา/ บทเรียน/ หน่วยการเรียนนั้น

3.2 แบบสอบวินิจฉัย เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดจุดเด่นจุดด้อยของทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญ อันเป็นปัญหาของนักเรียนแบบสอบมุ่งตรวจสอบกลไกองค์ประกอบย่อย ๆ ที่ครอบคลุมกระบวนการสำคัญของทักษะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อระบุว่านักเรียนมีปัญหาของการเรียนรู้ตรงจุดไหน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริม

3.3 แบบสอบสมรรถภาพ (Proficiency Test) เป็นแบบสอบที่ใช้วัดว่าผู้สอบมีสมรรถนะถึงระดับที่เหมาะสมหรือยัง เพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับความสามารถสำหรับการคัดเลือกหรือให้สิทธิบางประการ เช่น การสอบใบขับขี่รถยนต์ การสอบความสามารถทางภาษา การสอบความสามารถทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เป็นต้น

3.4 แบบสอบเชิงสำรวจ (Survey Test) เป็นแบบสอบที่ใช้สำรวจวัดระดับความรู้ซึ่งสรุปทั่วไปของนักเรียนหรือนิสิตนักศึกษาในสาขาวิชาเฉพาะแบบสอบจึงควรครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปที่ลุ่มได้จากมวลเนื้อหาวางกว้างขวางเพื่อทดสอบผลการเรียนรู้ทั่วไป เช่น แบบสอบปลายภาคเรียน เป็นต้น

4. จำแนกตามการแปลผล

4.1 แบบสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Tests) เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ ความสามารถของผู้สอบ ข้อสอบอิงกลุ่มจึงถูกสร้างและเลือกมาใช้เพื่อทำหน้าที่จำแนกระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน คะแนนสอบที่ได้จึงนำไปใช้แปลความหมายโดยการเปรียบเทียบความรู้ ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบด้วยกันเอง

4.2 แบบสอบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Tests) เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดระดับการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ ความสามารถอะไรบ้าง ข้อสอบอิงเกณฑ์ถูกสร้างให้ครอบคลุมความรู้หรือทักษะสำคัญของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้น คะแนนสอบที่ได้จึงแปลผลโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ หรือ มาตรฐานที่กำหนดไว้

5. จำแนกตามแนวทางการตอบ

5.1 แบบสอบประเภทเสนอคำตอบ (Supply Type)

5.1.1 แบบสอบความเรียง (Essay Test)

5.1.1.1 แบบสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended)

5.1.1.2 แบบสอบความเรียงจำกัดคำตอบ (Essay- Restricted)

5.1.2 แบบสอบแบบตอบสั้น (Short Answer)

5.1.3 แบบสอบแบบเติมคำ (Completion)

5.2 แบบสอบประเภทเลือกคำตอบ (Selection Type)

5.2.1 แบบสอบแบบถูก-ผิด (True-False)

5.2.2 แบบสอบแบบจับคู่ (Matching)

5.2.3 แบบสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-Choice)

อนุวัติ คุณแก้ว (2558) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

การให้คะแนนและการแปลผล มีความเป็นปรนัย มีคำชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบมาตรฐาน lung California Achievement Test, Lowe Test of Basic Skills, Stand ford Achievement Tests The Metropolitan Achievement Tests เป็นต้น

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Tests) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Tests) ได้แก่

2.2.1 แบบถูก-ผิด (True-False)

2.2.2 แบบจับคู่ (Matching)

2.2.3 แบบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion) หรือแบบคำตอบสั้น (Short Answer)

2.2.4 แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

2.2 แบบอัตนัย (Essay Tests) ได้แก่

2.2.1 แบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Items)

2.2.2 แบบไม่จำกัดคำตอบ หรือตอบอย่างเสรี (Extended Response Items)

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Tests) อย่างไรก็ตามการเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาใช้นั้นจำเป็นต้องมีการพิจารณาว่าเหมาะสมกับนักเรียนหรือไม่

2.4.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบเลือกตอบว่า มีหลายแบบดังนี้

1. ธรรมชาติของแบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบเลือกตอบเป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง หรือ คำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุด หรือถูกที่สุด จากตัวเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1.1 ต่อนนำหรือตัวคำถาม (Stem) เป็นข้อความที่กระตุ้นจิตใจผู้สอบค้นหาคำตอบ

1.2 ตัวเลือก (Choices หรือ Option) เป็นส่วนที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ตัวถูกหรือคำตอบ (Correct choice) และตัวลวง (Distractors หรือ Decoys) โดยทั่วไปตัวเลือกมักจะกำหนดให้มี 3-5 ตัวเลือกขึ้นอยู่กับความยาก คำถามและระดับชั้นเรียน

2. รูปแบบคำถามของแบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบเลือกตอบมีรูปแบบคำถามหลากหลายขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของ การถาม วิธีการถามและเนื้อหาที่จะถาม แต่รูปแบบที่นิยมใช้กันมากมี 3 แบบ คือ แบบคำถาม โศดหรือคำถามเดียว (Single Question) แบบตัวเลือกคงที่ (Constant Choice) แบบกำหนด สถานการณ์ (Situation Test)

2.1 แบบคำถาม โศดหรือคำถามเดียว รูปแบบคำถามนี้เป็นแบบที่ใช้กันอยู่ ทั่วไป ลักษณะของคำถามจะถามเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจบลงในตัวเองไม่เกี่ยวข้องกับข้ออื่น ๆ รูปแบบคำถามชนิดนี้ ยังแบ่งออกเป็นแบบย่อย ๆ ได้อีก แต่ในวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกเป็นแบบคำตอบถูก ได้แก่ ชนิดคำตอบถูกต้อง คำตอบที่ดีที่สุด และคำตอบใกล้เคียง

3. การตรวจให้คะแนน การตรวจให้คะแนนข้อสอบเลือกตอบทำได้ง่าย และสะดวก เพราะสามารถ ทำเฉลยไว้ล่วงหน้า และสามารถตรวจด้วยมือหรือใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้

4. ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบ

4.1 ข้อดีของแบบทดสอบเลือกตอบ

4.1.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและสมรรถภาพทางปัญญาตั้งแต่ขั้นต้นถึงขั้นสูง

4.1.2 ตรวจให้คะแนน ได้ง่ายและรวดเร็ว เหมาะสำหรับการใช้สอบคัดเลือกที่มีผู้สอบจำนวนมาก ๆ

4.1.3 มีความเป็นปรนัยสูง ซึ่งสามารถเข้าใจ คำถามได้ตรงกัน ตรวจให้คะแนนตรงกันและการแปลความหมายคะแนนได้ตรงกัน

4.1.4 สามารถนำมาวิเคราะห์ และปรับปรุงให้มี คุณภาพดีขึ้นได้ง่าย

4.1.5 มีโอกาสให้ความยุติธรรมสูง เพราะออกข้อสอบได้ครอบคลุมตัวอย่างของเนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

4.2 ข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบ

4.2.1 สร้างได้ยากและเสียเวลาในการสร้างเพราะต้องอาศัยความรู้ความชำนาญของผู้สร้างเป็นสำคัญ

4.2.2 วัดความคิดลึกซึ้งในเชิงความคิดสร้างสรรค์ความสามารถในการใช้ภาษาและแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ ได้ยาก

4.2.3 ไม่ส่งเสริมหรือช่วยสร้างทักษะการเขียน

4.2.4 สิ้นเปลืองมาก โดยต้องลงทุนกระดาษหมีก และอุปกรณ์ในการสร้างและผลิต ข้อสอบ

4.2.5 ส่งเสริมการเดา ถ้าผู้สอบไม่ต้องการคำตอบอาจใช้การเดาคำตอบแทน อนุวัติ คุณแก้ว (2558) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบว่ามีหลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ ดังนี้

1. หลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ

1.1 ข้อคำถามต้องกระชับ ชัดเจน ถามเรื่องเดียว
1.2 ใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ
1.3 ไม่ควรใช้คำถามปฏิเสธหรือปฏิเสธซ้อนกัน ถ้าใช้ควรขีดเส้นหรือพิมพ์เป็นตัวเน้น สำหรับคำที่เป็นปฏิเสธ

1.4 ไม่ควรถามสิ่งที่นักเรียนท่องจำจนคล่องปากควรถามให้นักเรียนได้ใช้ความคิดมากขึ้น

1.5 ควรหลีกเลี่ยงตัวเลือกประเภท “ถูกทุกข้อ” “ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง”

1.6 ควรจัดเรียงตัวเลือกให้เป็นระบบ การจัดระบบตัวเลือก ดังนี้

1.7 ควรมีการกระจายตัวเลือกที่ถูก ไปตามตัวเลือกต่าง ๆ ไม่ควรมีตัวเลือก ตัวใดตัวหนึ่งถูกมากกว่าตัวอื่น ๆ และ ไม่ควรเรียงตัวเลือกที่ถูกจัดเป็นระบบ เพราะจะทำให้เดา ได้ง่าย

1.8 ตัวลวงต้องมีความเป็นไปได้ หรือ เป็นตัวเลือกที่น่าเป็นคำตอบที่ถูก

1.9 ควรหลีกเลี่ยงข้อสอบที่ให้ตัดสินใจว่าถูกผิด โดยที่ตัวเลือกในแต่ละตัวเลือกมีเหตุผล 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นจริง และอีกส่วนหนึ่งเป็นเท็จ

2. ข้อดีของข้อสอบแบบเลือกตอบ

2.1 วัดได้ครอบคลุมทุกพฤติกรรมตั้งแต่ ความรู้ความจำจนถึง การประเมินค่า

2.2 ใช้เวลาในการทดสอบไม่มากนัก

2.3 ตรวจให้คะแนนได้ง่าย มีความเป็นปรนัยสูง

2.4 เค้าได้ยากกว่าข้อสอบแบบถูกผิด เพราะมีตัวเลือกหลายตัว

2.5 นำไปวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบได้ง่าย

3. ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

3.1 ไม่ส่งเสริมการเขียน การแสดงความคิดเห็น

3.2 ใช้เวลามากในการเขียนข้อสอบ

3.3 การเขียนตัวเลือกที่ถูกต้อง และตัวลวงให้ดีขึ้นทำได้ยาก

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ (2559) กล่าวว่า การสร้างข้อคำถามแบบเลือกตอบว่า โดยทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยกัน 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดจะมีเพียงตัวเลือกเดียว และคำถามแบบเลือกตอบที่ดี นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกันดูเหมือนว่าตัวเลือกแต่ละตัวจะถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

1. หลักในการสร้างคำถามแบบเลือกตอบ

1.1 การเขียนข้อคำถามที่เป็นส่วนนำโดยใช้ภาษาที่ชัดเจน กระชับ อ่านแล้วสื่อความหมายได้ตรงกันและในแต่ละข้อควรรวมเรื่องสำคัญเพียงเรื่องเดียว อาจจะใส่เครื่องหมายปริศนิตี (2) เมื่อสิ้นสุดประโยคก็ได้

1.2 การตั้งข้อคำถามควรรักษาข้อความในเชิงบวกหลีกเลี่ยงข้อความในเชิงลบหรือหลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรพิมพ์ตัวหนาหรือขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้น แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง

1.3 ข้อคำถามในแต่ละข้อควรเป็นอิสระจากกันหมายความว่าไม่ควรสร้างข้อคำถามไปผูกไว้กับข้อคำถามข้ออื่น ๆ เช่น ข้อคำถามข้อที่ 5 แต่ให้ไปใช้ชุดตัวเลือก ข้อที่ 10 เป็นต้น ซึ่งกรณีนี้จะทำให้ผู้ตอบสับสน

1.4 ตัวเลือกจะต้องเป็นคำตอบถูกเพียงตัวเดียวเท่านั้นและควรเป็นคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด

1.5 การถามเกี่ยวกับความหมายสิ่งต่าง ๆ ควรให้อยู่ในข้อคำถามส่วนคำถามจำกัดความควรให้อยู่ในตัวเลือก

1.6 ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกประเภท “ถูกทุกข้อที่กล่าวมา” หรือ “ทุกข้อที่กล่าวมาข้างต้น” หรือ “คำตอบถูกไม่ได้ให้ไว้” หรือ “ไม่มีข้อใดถูก”

1.7 ควรระมัดระวังการเขียนตัวเลือกของข้อหนึ่งแล้วทำให้ไปชี้แนะตัวเลือกของข้ออื่น

1.8 การสร้างข้อคำถามควรระมัดระวังไม่ให้ข้อคำถามไปชี้แนะคำตอบข้ออื่น

1.9 การจัดเรียงลำดับตำแหน่งตัวเลือกควรจะถูกจัดอยู่ในลักษณะสุ่ม

1.10 ตัวเลือกที่ถูกต้อง (ก ข ค ง หรือ จ) ควรจะกระจายไปในแต่ละตัวเลือกในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

1.11 ควรจัดเรียงข้อความและรูปแบบการพิมพ์ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

1.12 ข้อคำถามในแต่ละข้อควรจะสิ้นสุดในหน้าเดียวกันเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ตอบสับสน

1.13 ควรสร้างตัวเลือก 3-5 ตัว ถ้าเขียนตัวเลือกน้อยเกินไปจะทำให้ผู้ตอบเดาคำตอบได้ง่ายขึ้นจึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ (ในกรณีที่เป็น 2 ตัวเลือก ก็จะเป็นข้อสอบแบบถูก-ผิด) ทั้งนี้หากเป็นข้อสอบระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรใช้ 4 ตัวเลือก และตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไปควรใช้ 5 ตัวเลือก

2. ตัวอย่างรูปแบบการเขียนข้อคำถามแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ข้อคำถามแบบเลือกตอบสามารถเขียนได้หลายรูปในที่นี้จะนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกแบบคำตอบถูก เป็นข้อคำถามที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวจากตัวเลือกทั้งหมด

Gronlund (2009, อ้างถึงใน ณีฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะมีคุณภาพได้นั้นจะต้องอาศัยหลักการสร้างที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งหลักการสร้างมีดังนี้

1. จำนวนตัวเลือกควรสร้างให้เหมาะสมกับระดับผู้รับการทดสอบ ในกรณีของนักเรียนในระดับอนุบาลอาจมีตัวเลือก 2-3 ข้อ ระดับประถมศึกษาอาจมีตัวเลือก 3-4 ข้อ และในระดับมัธยมศึกษาหรืออุดมศึกษาอาจมีตัวเลือก 4-5 ข้อ และไม่ควรรีจำนวนตัวเลือกที่มากเกินไป

2. เนื้อความในตัวเลือกควรมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับคำถาม มีความสมเหตุสมผล และเป็นไปได้ที่จะมีผู้รับการทดสอบเลือกตอบ

3. การสร้างตัวเลือกถูก ผู้สร้างตรวจสอบตัวเลือกทั้งหมดว่ามีเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้นที่จะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และไม่ควรมีคำตอบที่สามารถโต้แย้งได้

4. หลีกเลี่ยงการสร้างตัวเลือกที่มีลักษณะ “ไม่มีข้อใดถูกต้อง” “ไม่มีข้อถูก” หรือ “ถูกทุกข้อ”

5. คำถามและตัวเลือกควรจัดให้ปรากฏในหน้ากระดาษเดียวกัน

6. การจัดเรียงตัวเลือกควรทำให้เป็นระบบ เช่น จัดเรียงตามระบบตัวเลขจากน้อยไปมาก จัดเรียงความยาวของข้อความจากสั้นไปยาว หรือยาวไปสั้น

7. หลีกเลี่ยงการใช้คำตอบที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับข้อความที่ปรากฏในคำถาม

8. ใช้ตัวเลือกที่มีความสอดคล้อง เป็นเอกพันธ์กับตัวเลือกอื่น หากมีตัวเลือกใดแตกต่างจากตัวเลือกอื่น อาจบ่งชี้ว่าข้อนั้นอาจเป็นตัวเลือกที่ถูกหรือผิดได้

9. การใช้คำในตัวเลือกเช่นคำว่า “เพียง” “เสมอ” “เท่านั้น” บ่งชี้ว่าตัวเลือกนั้นเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้อง

10. หลีกเลี่ยงตัวเลือกที่มีรายละเอียดของข้อความที่ยาวกว่าตัวเลือกอื่นให้เป็นตัวเลือกถูก

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ โดยมีการศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบ กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ กำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และกำหนดลักษณะของข้อสอบ ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างข้อสอบ โดยคำนึงถึงความยากของแบบทดสอบ เวลาที่ใช้สอบ คะแนน การตรวจให้คะแนน และตรวจทานความถูกต้องของข้อสอบตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร จากนั้นจึงจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง และขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้ โดยนำข้อสอบฉบับทดลองไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการวัดผลตรวจความเที่ยงตรงเนื้อหา นำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับใหม่ นำข้อสอบไปทดลองสอบ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาคุณภาพข้อสอบเป็นรายข้อ (ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ แล้วหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ จากนั้นจัดพิมพ์ข้อสอบเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ภัสสร ติตมา (2558) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพิ่มสูงขึ้น

ศิริลักษณ์ ชาวлумบัว (2558) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65)

คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม หลังทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก และครุมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ชิตยา คำควร (2558) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความแตกต่างระหว่างเพศที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นในระดับพอใช้ และความคิดริเริ่มในระดับดีโดยนักเรียนหญิงมีองค์ประกอบด้านความคิดคล่องสูงกว่านักเรียนชาย นักเรียนชายมีองค์ประกอบด้านความคิดยืดหยุ่นสูงกว่านักเรียนหญิง และองค์ประกอบด้านความคิดริเริ่มนั้นความแตกต่างระหว่างเพศไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว

พลศักดิ์ แสงพรหมศรีและคณะ (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีความพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ ก่อนเรียนด้วยกิจกรรมข้างต้น หลังเรียนด้วยกิจกรรมข้างต้นในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทั้ง 3 ช่วง คือ 7.47 11.40 และ 21.35 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้นในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อับดุลยามีน หะยีชาคร์ (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม

แนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

เพชรสิรินทร์ คู่คำ (2559) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เมื่อนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินทรเดชา มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.72/71.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องสารชีวโมเลกุล มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีเยี่ยม และทักษะชีวิตและอาชีพอยู่ในระดับดีมาก

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Tseng (2011) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่งรวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกือบทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา คือ ความรู้ทักษะและประสบการณ์ทางด้าน สะเต็มศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม (ER & P) มีผลการเรียนรู้ดีขึ้น

Diana (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้นักเรียนเกรด 3-8 เป็นกรณีศึกษาให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความพื้นฐานให้จินตนาการศึกษาค้นคว้าสำรวจ ตรวจสอบสร้างสรรค์ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดการออกแบบของตัวเองให้เพื่อน ๆ ได้รู้จัก ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา ในการให้นักเรียนได้ทำ โครงงานส่งผลทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ

Dillivan (2014) ได้ศึกษาผลจากการเข้าค่ายภาคฤดูร้อนต่อความสนใจใน สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็น นักเรียนใน โรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามนักเรียน แบบสอบถามพ่อแม่และผู้ปกครอง จากผลการวิจัยพบว่า การเข้าร่วมค่าย ภาคฤดูร้อนมีผลต่อ ความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ผลการเรียน การเลือกวิชาเอก วิทยาลัยและการประกอบอาชีพใน อนาคตของนักเรียน ผลการสอบถามแสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีทัศนคติ ในเชิงบวกต่อวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์และยังพบว่า ค่ายสะเต็มศึกษาสามารถ เพิ่มเจตคติและกระตุ้นความสนใจในสาขาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

Burrows (2014) ได้ศึกษากรอบแนวคิดหลักในการบูรณาการระหว่าง 2 รายวิชา คือ ชีววิทยาและเคมี ในหัวข้อเรื่อง การผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยครูจากสองวิชาได้ดำเนินการสร้างบทเรียนไบโอดีเซล โดยบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยา (เน้นไปที่ชีวเคมีสำหรับ) และวิชาเคมี (เน้นไปที่ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) และทำการวัดทักษะและเจตคติต่อ วิชา STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์) จากการวิจัยพบว่า นักเรียน มีทักษะในวิชา STEM และเจตคติที่ดีขึ้น โดยพิจารณาจากการตอบคำถามของนักเรียนในห้องเรียน แบบบันทึกหลังแผนการสอนของครูและผลงานของนักเรียนในกิจกรรมการผลิต เชื้อเพลิงไบโอดีเซล

Sahin (2014) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อการจัดหลักสูตรสำหรับเด็ก หลังเลิกเรียนและศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยทำการศึกษากับนักเรียนในเขต ตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ เพื่อทำความเข้าใจ มุมมอง ของนักเรียนและความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาและวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนที่ เข้าร่วม กิจกรรม การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย การสังเกตอย่างเป็นทางการ การสัมภาษณ์แบบกึ่ง โครงสร้างและการจดบันทึกข้อมูล จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษา มีศักยภาพใน การส่งเสริมการเรียนรู้การทำงานร่วมกัน และการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนา ทักษะในศตวรรษที่ 21

Quang (2015) ได้ศึกษาการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ (STEM) ผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิค ของนักเรียนใน โรงเรียนของเวียดนาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสะเต็มศึกษา 2) ศึกษา กิจกรรมสะเต็มศึกษากับความคิดสร้างสรรค์และการเสริมสร้างประสบการณ์ 3) แนะนำ การประยุกต์ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคสำหรับนักเรียนใน ระดับมัธยมศึกษา การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การบูรณาการการเรียนการสอน

ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และนำไปใช้กับการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในประเทศเวียดนาม ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 2015 ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคสำหรับนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาของเวียดนาม ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเห็นประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม และแนวทางการบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการออกแบบของเล่นเชิงเทคนิคมีความเป็นไปได้และมีความสอดคล้องกันกับการพัฒนาความสามารถของนักเรียน

กล่าวโดยสรุปจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการศึกษาแนวทางการใช้สะเต็มศึกษา และยังมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการใช้แผนการสอนของครูครู ทักษะการวิเคราะห์นักเรียนที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยใช้สะเต็มศึกษาส่งผลโดยตรงการเรียนการสอนที่ครูต้องนำมาใช้สอนเพื่อให้ส่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือวิจัย
3. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 9 ห้อง รวม 315 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 36 คน จากวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 เครื่องมือวิจัย

3.2.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา รายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (ว31101) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช จำนวน 1 แผนการเรียนรู้รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3.2.2 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ตามแนวคิดของ Guilford โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เป็นข้อสอบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที

3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คำอธิบายรายวิชา ขอบข่ายเนื้อหา ตัวชี้วัด หน่วยการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3.1.2 ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อกำหนดขั้นตอนการทำกิจกรรม

3.3.1.3 วิเคราะห์หลักสูตรของสถานศึกษา โรงเรียนบรบือวิทยาคาร ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และเวลา เพื่อใช้กำหนดเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา

หน่วยการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1. การระบุปัญหา	- ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้าง สิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหา	1
2. สารอินทรีย์ในพืช	- สารอินทรีย์ที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อการ เจริญเติบโตของพืช	2
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตของพืช	- ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1
4. การตอบสนองของพืชต่อ สิ่งเร้า	- การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า	2
5. วางแผนและพัฒนา	- กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการ ดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ใน ขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาด แบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของ ผลผลิต	3
6. ทดสอบและประเมินผล	- ทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อ แก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและ ประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและ พัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการ แก้ปัญหามากขึ้น	1
7. การนำเสนอผลลัพธ์	- นำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้อง ออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจ	2
รวม		12

3.3.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์และเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจำนวน 1 แผน เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3.3.1.5 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์และเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ไว้ จำนวน 1 แผน เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง มีวิธีการสร้างแผนกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1) ออกแบบการเขียนขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ได้ทำการออกแบบไว้ ตามรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอนดังนี้

2.1) การระบุปัญหา (Identify a Challenge) นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2.2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมทั้งออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

2.4) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและ ประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

2.5) การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วนักเรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตามรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.3.1.7 สร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ทำการประเมินแต่ละแผนการเรียนรู้โดยเกณฑ์การประเมินคะแนน ดังนี้

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

ตารางที่ 3.2

ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. สาระสำคัญ					
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้.....
1.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน.....

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ และความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผน มีดังนี้

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและประเมินผล

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ทฤษฎี และสื่อการเรียนรู้

3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ทฤษฎี และสื่อการเรียนรู้

4) นายอรรถพล พันธุ์งาม ศษ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ทฤษฎี และสื่อการเรียนรู้

5) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรพร กทิสาสตร์ ปร.ค. (เภสัชวิทยา) ตำแหน่ง อาจารย์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3.3.1.9 ประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามมาตรวัดของ Likert ซึ่งระดับความ เหมาะสมต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไปจึงถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ ดังเกณฑ์ต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

4.51	-	5.00	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3.51	-	4.50	ความเหมาะสมในระดับมาก
2.51	-	3.50	ความเหมาะสมในระดับปานกลาง
1.51	-	2.50	ความเหมาะสมในระดับน้อย
1.00	-	1.50	ความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ นำไปเทียบค่าเฉลี่ยพิจารณาความเหมาะสม ผลการประเมินพบว่ามีค่าเท่ากับ 4.71 มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (ตารางภาคผนวกที่ ค.1)

3.3.1.10 นำผลการตรวจสอบและพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้แก้ไขปรับปรุง ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับปรุงแก้ไขในประเด็นใบกิจกรรมที่เพิ่มเติมให้ครอบคลุม และเหมาะสมกับชั้นการจัดกิจกรรมมากที่สุด

3.3.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปใช้เก็บข้อมูลกับ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัด มหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ประจำปีภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 36 คน

3.3.2 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM

3.3.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.2 ศึกษาแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ตามแนวคิดของ Guilford วัดองค์ประกอบ 4 ประการ ของความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

3.3.2.3 สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM โดยวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 4 ด้าน คือ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดริเริ่ม 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ โดยให้เหมาะสมกับช่วงอายุของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีการปรับปรุงแบบประเมินให้มีความน่าสนใจมากขึ้น และพัฒนาแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ก่อนนำไปใช้

3.3.2.5 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและแก้ไขข้อคำถาม และปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.3.2.6 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องระหว่างความคิดสร้างสรรค์แต่ละด้านกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ (IOC) โดยต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 โดยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินคะแนน ดังนี้

ถ้าข้อคำถามวัดได้ตรงตามองค์ประกอบ	ได้ +1 คะแนน
ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามองค์ประกอบ	ได้ 0 คะแนน
ถ้าข้อคำถามวัดไม่ได้ตรงตามองค์ประกอบ	ได้ -1 คะแนน

นำผลการประเมินความสอดคล้องมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.0 (ตารางภาคผนวกที่ ค.5)

3.3.2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ให้พิจารณา ปรับปรุงแก้ไขแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับให้ครอบคลุมความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้านมากที่สุด แล้วสร้างเป็นแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM

3.3.2.8 จัดพิมพ์แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ทั้ง 4 ด้าน เป็นแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.3.2.9 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 36 คน

3.3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถและประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์จุดประสงค์ทุกแผนการเรียนรู้ และศึกษาคู่มือการวัดและการประเมินผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 ข้อ ต้องการนำมาใช้จริง 20 ข้อ

ตารางที่ 3.3

วิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

มาตรฐานการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม								รวมจำนวนข้อ	
	ความรู้ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		รวมจำนวนข้อ			
	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้			สร้าง	ใช้จริง
มาตรฐาน ว 1.2										
ตัวชี้วัดที่ 8. ทดสอบและบอกชนิดของสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้	2	2	2	1	2	1	2	1	8	4
9. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสารต่างๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น	2	1	2	2	2	1	2	1	8	4
10. ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	2	1	2	2	2	1	2	1	8	4

(ต่อ)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม								รวมจำนวนข้อ	
	ความรู้ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์			
	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้จริง
11. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสาร ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และ ยกตัวอย่างการนำมาประยุกต์ใช้ ทางด้านการเกษตรของพืช	2	2	2	1	2	1	2	1	8	4
12. สังเกตและอธิบายการ ตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าใน รูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการ ดำรงชีวิต	2	2	2	1	2	1	2	1	8	4
รวม	10	8	8	7	8	5	8	5	40	20

3.3.3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 40 ข้อ เสนอต่ออาจารย์
ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และข้อคำถาม

3.3.3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อมาปรับปรุงแก้ไข
ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นข้อสอบที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจในข้อคำถามนั้นวัดได้ตรง
จุดประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว

3.3.3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ
ชุดเดิม เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) คัดเลือก
แบบทดสอบ โดยแบบทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน
(ไพศาล วรรคัม, 2559) ดังนี้

ให้คะแนน	+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน	-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 (ตารางภาคผนวกที่ ค.2)

3.3.3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 40 ข้อไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนเรื่องการดำรงชีวิตของพืช มาแล้ว เพื่อปรับปรุงเนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ด้วยวิธีของ Brennan โดยแบบทดสอบต้องมีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.80 (ไพศาล วรรคำ, 2559) จากนั้นคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ พบว่ามีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.40-0.80 (ตารางภาคผนวกที่ ค.3) และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.67 (ตารางภาคผนวกที่ ค.3)

3.3.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของ Lovett โดยค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.85-1.00 (ไพศาล วรรคำ, 2561) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.89 (ตารางภาคผนวกที่ ค.4)

3.3.3.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 20 ข้อ (ฉบับจริง) เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

3.3.3.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้อง จำนวน 36 คน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบ One-Group Post Test Only Design ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

แผนการทดลองแบบ One-Group Post Test Only Design

กลุ่ม	Treatment	Post-test
กลุ่มทดลอง	X	T ₂

เมื่อ X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

T_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

3.4.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 36 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.4.2.1 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ชั่วโมง แบ่งเป็น สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์

3.4.2.2 ครูประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ระหว่างเรียน โดย ประเมิน ทั้งหมด 4 ด้าน คือ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดริเริ่ม 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ

3.4.2.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เป็นชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3.4.2.4 ตรวจสอบและนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ไปวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบด้วยสถิติ One Sample t-test

3.5.2 วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM โดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5

เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความคิดริเริ่ม	พัฒนาท้องถิ่น อ่อนทานตะวัน หรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยความคิดที่โดดเด่น แปลกใหม่ แตกต่างจากคนอื่น และเหมาะสมต่อ การใช้งานจริง	พัฒนาท้องถิ่น อ่อนทานตะวัน หรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยการผสมผสาน และคัดแปลงจาก ความคิดเดิม	พัฒนาท้องถิ่น อ่อนทานตะวัน หรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน โดยไม่มีความคิด ที่โดดเด่น แปลก ใหม่	ไม่ส่งชิ้นงาน
ความคิด คล่องแคล่ว	มีการคิดหาวิธีการแก้ ปัญหาเกี่ยวกับการ เพาะต้นอ่อน ทานตะวันได้ มากกว่า 2 วิธี ภายในเวลาที่ กำหนดในการ ปฏิบัติกิจกรรมฝึก อายุน้อยที่ทำให้เรา อายุยืน	มีการคิดหาวิธีการ แก้ ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวันได้เพียง 1 วิธี ภายในเวลาที่ กำหนดในการ ปฏิบัติกิจกรรมฝึก อายุน้อยที่ทำให้ เราอายุยืน	ไม่สามารถคิดหา วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน ได้ภายในเวลา กำหนดในการ ปฏิบัติกิจกรรมฝึก อายุน้อยที่ทำให้ เราอายุยืน	ไม่ส่งชิ้นงาน

(ต่อ)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ประเด็นที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความคิด ยืดหยุ่น	มีการคิดหาวิธีการแก้ ปัญหาเกี่ยวกับการ เพาะต้นอ่อน ทานตะวัน โดย คัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำสิ่งอื่นมา ทดแทนสิ่งที่ขาดได้ อย่างหลากหลาย	มีการคิดหาวิธีการ แก้ ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวัน โดย คัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำ สิ่งอื่นมา ทดแทนสิ่งที่ขาด ได้แต่ยังไม่ เหมาะสมกับงาน	ไม่สามารถคิดหา วิธีการแก้ปัญห เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน โดยคัดแปลงสิ่ง ที่มีอยู่ หรือนำ สิ่ง อื่นมาทดแทนสิ่งที่ ขาดได้	ไม่ส่งชิ้นงาน
ความคิด ละเอียด ลออ	อธิบายวิธีการคิด แก้ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวันจาก สถานการณ์ที่ กำหนด ได้อย่าง ชัดเจน กระชับ หรือขยายความ คิด ได้อย่างครบถ้วน และมีรายละเอียดที่ สมบูรณ์	อธิบายวิธีการคิด แก้ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวันจาก สถานการณ์ที่ กำหนดได้แต่ขาด ความชัดเจน	ไม่มีการคิดแจกแจง รายละเอียดของ วิธีการแก้ปัญห เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน จากสถานการณ์ที่ กำหนดหรือขยาย ความคิด	ไม่ส่งชิ้นงาน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และร้อยละ

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.6.1 สถิติพื้นฐาน

3.6.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{X}) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3-1)$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 X_i แทน คะแนนของคนที่ i
 n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3.6.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation:S) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559) ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3-2)$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
 \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 X_i แทน ค่าคะแนนของคนที่ i
 n แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.6.1.3 ร้อยละ (Percentage: %) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรรคำ, 2559) ดังนี้

$$\text{ร้อยละ (\%)} = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3-3)$$

เมื่อ f แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ
 N แทน จำนวนทั้งหมด

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.6.2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้สูตรของ (ไพศาล วรรคำ, 2561) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3-4)$$

เมื่อ IOC แทน ความสอดคล้อง
 R แทน ผลรวมคะแนนของระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้อง

3.6.2.2 ค่าระดับความยาก (Item Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ โดยใช้สูตร (ไพศาล วรรคำ, 2561) ดังนี้

$$p = \frac{f}{n} \quad (3-5)$$

เมื่อ P แทน ดัชนีความยาก
 f แทน จำนวนผู้ตอบถูก
 n แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

3.6.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) แบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรการหาดัชนีอำนาจของ Brennan (Brennan's Index: B-Index) (ไพศาล วรคำ, 2561) ดังนี้

$$B = \frac{f_p}{n_p} - \frac{f_F}{n_F} \quad (3-6)$$

เมื่อ	B	แทน	ดัชนีอำนาจจำแนกของ Brennan
	f_p	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มผ่านเกณฑ์ (pass)
	f_F	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (fail)
	n_p	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์
	n_F	แทน	จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

3.6.3.4 ค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ (Reliability) แบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของ Lovett (Lovett's Method) (ไพศาล วรคำ, 2561) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - C)^2} \quad (3-7)$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน	ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	c	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
	x	แทน	คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

3.6.3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน

3.6.3.1 สถิติที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สูตร One-Sample t-test (ไพศาล วรคำ, 2561) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad ; \quad df = n - 1 \quad (3-8)$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่
	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	μ_0	แทน	ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากร ที่ต้องการเปรียบเทียบ
	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนนักเรียน)



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกันในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และความหมายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
t	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้ในการพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test)
df	แทน	ความเป็นอิสระของตัวแปร

4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบที่แบบกลุ่มเดียว (One-Sample t-test)

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ออกเป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียน รวมระยะเวลา 6 ชั่วโมง

ช่วงที่ 2 ศึกษาความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน รวมระยะเวลา 6 ชั่วโมง

ช่วงที่ 1 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียน ผลปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	ระหว่างเรียน		
		\bar{X}	S	ร้อยละ
1. ความคิดคล่องแคล่ว	3	1.4	0.5	46.7
2. ความคิดริเริ่ม	3	1.1	0.3	36.7
3. ความคิดยืดหยุ่น	3	1.0	1.0	33.3
4. ความคิดละเอียดลออ	3	1.3	0.5	43.3
รวม	12	4.8	0.1	40.0

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช พบว่า คะแนนเฉลี่ยรวมของความคิดสร้างสรรค์ เท่ากับ 4.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 คิดเป็นร้อยละ 40.0

เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดสร้างสรรค์รายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์มากที่สุด คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 46.7 รองลงมาคือ ด้านความคิดละเอียดลออ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 43.3 รองลงมาคือด้านความคิดริเริ่ม คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 คิดเป็นร้อยละ 36.7 และด้านที่นักเรียนมี

ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ต่ำที่สุดคือ ด้านความคิดยืดหยุ่น คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0 คิดเป็นร้อยละ 33.3

ช่วงที่ 2 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ผลปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	หลังเรียน		
		\bar{X}	S	ร้อยละ
ความคิดคล่องแคล่ว	3	2.9	0.3	96.7
ความคิดริเริ่ม	3	2.3	0.5	76.7
ความคิดยืดหยุ่น	3	3.0	0.0	100.0
ความคิดละเอียดลออ	3	2.6	0.5	86.7
รวม	12	10.8	0.1	90.0

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช พบว่า คะแนนเฉลี่ยรวมของความคิดสร้างสรรค์ เท่ากับ 10.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 คิดเป็นร้อยละ 90.0

เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดสร้างสรรค์รายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์มากที่สุด คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0 คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.9 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 คิดเป็นร้อยละ 96.7 รองลงมาคือด้านความคิดละเอียดลออ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 86.7 และด้านที่นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ต่ำที่สุดคือ ด้านความคิดริเริ่ม คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 76.7

จากการเก็บข้อมูลผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง พบว่า นักเรียนมีผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 4.3

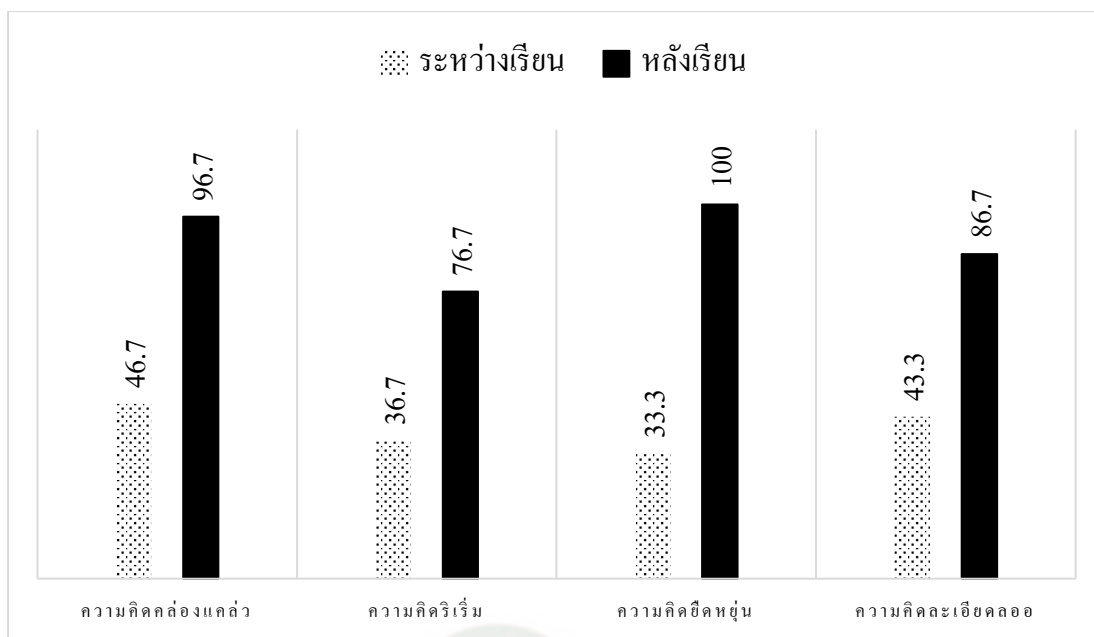
ตารางที่ 4.3

ผลการศึกษาคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	ระหว่างเรียน			หลังเรียน			% ที่เพิ่มขึ้น
		\bar{X}	S	ร้อยละ	\bar{X}	S	ร้อยละ	
ความคิดคล่องแคล่ว	3	1.4	0.5	46.7	2.9	0.3	96.7	50.0
ความคิดริเริ่ม	3	1.1	0.3	36.7	2.3	0.5	76.7	40.0
ความคิดยืดหยุ่น	3	1.0	1.0	33.3	3.0	0.0	100.0	66.7
ความคิดละเอียดลออ	3	1.3	0.5	43.3	2.6	0.5	86.7	43.4
รวม	12	4.8	0.1	40.0	10.8	0.1	90.0	50.0

จากตารางที่ 4.3 สรุปได้ว่า เมื่อสิ้นสุดการจัดการกิจกรรมเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงสุด คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 3 คิดเป็นร้อยละ 100 ของคะแนนเต็ม) และด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ด้านความคิดริเริ่ม (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.3 คิดเป็นร้อยละ 76.7 ของคะแนนเต็ม) เมื่อพิจารณาพัฒนาการในแต่ละด้าน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดยืดหยุ่นสูงที่สุด โดยพัฒนาขึ้นร้อยละ 66.7 รองลงมาด้านความคิดคล่องแคล่ว พัฒนาขึ้นร้อยละ 50 รองลงมาด้านความคิดละเอียดลออ พัฒนาขึ้นร้อยละ 43.4 และนักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ ด้านความคิดริเริ่ม โดยพัฒนาเพียง ร้อยละ 40.0

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างเรียนและหลังเรียน แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบร้อยละความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One-Sample t-test)

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Samples t-test แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการดำรงชีวิตของพืช หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์	\bar{X}	S	df	t-test	Sig.
36	20	14.00	15.78	1.51	35	7.04	.000

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่า การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 จากจำนวนนักเรียน 36 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เท่ากับ 15.78 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51 คิดเป็นร้อยละ 78.90 สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 (คะแนน 14.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้สรุปผลของการวิจัยหลังจากที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ($S = 0.44$) เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง พบว่า ระหว่างเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 คิดเป็นร้อยละ 40.0 และหลังเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.8 คิดเป็นร้อยละ 90.0 ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนมีพัฒนาในความคิดสร้างสรรค์ตามลำดับ โดยนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงสุด คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 3 คิดเป็นร้อยละ 100 ของคะแนนเต็ม) และด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ด้านความคิดริเริ่ม (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.3 คิดเป็นร้อยละ 76.7 ของคะแนนเต็ม) เมื่อพิจารณาพัฒนาการในแต่ละด้าน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดยืดหยุ่นสูงที่สุด โดยพัฒนาขึ้นร้อยละ 66.7 รองลงมาด้านความคิดคล่องแคล่ว

พัฒนาขึ้นร้อยละ 50 รองลงมาด้านความคิดละเอียดลออ พัฒนาขึ้นร้อยละ 43.4 และนักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ ด้านความคิดริเริ่ม โดยพัฒนาเพียง ร้อยละ 40.0

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 จากจำนวนนักเรียน 36 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เท่ากับ 15.78 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51 คิดเป็นร้อยละ 78.90 สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 (คะแนน 14.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

5.2.1 ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผนการเรียนรู้รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยมีการจัดรูปแบบการสอน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้น 4 การทดสอบและประเมินผล ขั้น 5 นำเสนอผลลัพธ์ ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 (S = 0.44) จากการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้อภิปรายผลได้ ดังนี้

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีการจัดรูปแบบการสอน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ครูได้นำสถานการณ์ที่อยู่ในชีวิตประจำวันมาให้ นักเรียนได้ศึกษา และให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในห้องเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ของปัญหาถึงที่มาของสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มในการแก้ไขปัญหาของสถานการณ์ให้โดดเด่น แปลกใหม่ แตกต่างจากคนอื่น ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม หลังจากนั้นครูได้เชื่อมโยงเนื้อหาขอบทเรียนเข้ากับสถานการณ์ของปัญหา

และให้นักเรียนร่วมกันศึกษา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา (Science และ Technology) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดละเอียดลออโดยความสามารถที่ผสมผสานด้านเนื้อหาและด้านปฏิบัติเข้าด้วยกัน ทำให้สมองรับรู้วัตถุข้อมูลบุคคลจะเกิดการคิดในรูปแบบต่าง ๆ ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวางแผนการดำเนินงาน โดยนักเรียนต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา นักเรียนต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยวางแผนวิธีการสร้างนวัตกรรมให้มีต้นทุนต่ำ แต่ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากที่สุด (Engineering และ Mathematics) หลังจากนั้นให้นักเรียนประดิษฐ์นวัตกรรมตามแผนที่วางไว้ ในขั้นตอนนี้ฝึกให้นักเรียนเกิดความคิดคล่องแคล่วโดยเด็กได้คิดหาวิธีแก้ปัญหา ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบและประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ทั้ง 4 ด้าน ว่านักเรียนมีความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออหรือไม่ และผลผลิตของนักเรียนว่าเป็นไปตามสิ่งที่ต้องการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ถึงให้นักเรียนแก้ไขนวัตกรรม และนำมาทดสอบใหม่พร้อมกับประเมินนวัตกรรม ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดยืดหยุ่นและละเอียดลออ เพราะเป็นกระบวนการในการตรวจสอบดูว่า ระบบที่พัฒนามาสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ โดยมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่มีอยู่และต้อง ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตรงตามความต้องการทดสอบดังกล่าว ซึ่งการทดสอบอาจต้องทดลองในหลายๆกรณี และให้หลายๆคนช่วยกันทดสอบเพื่อให้ครอบคลุมระบบมากที่สุด และขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว นักเรียนต้องนำเสนอนวัตกรรมที่สร้างขึ้น โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ แล้วอภิปรายร่วมกันถึงแนวทางการประดิษฐ์นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ ครูและนักเรียนร่วมกันซักถามกลุ่มที่ออกมา นำเสนอถึงข้อสงสัยต่าง ๆ แล้วสรุปผลลัพธ์ที่ได้ ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดริเริ่ม และความคิดคล่องแคล่ว เริ่มจากการคิดริเริ่มในการออกแบบการนำเสนองานนวัตกรรมให้เป็นที่น่าสนใจ คล่องแคล่วว่องไวในการนำเสนอ และรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อน ๆ กลุ่มอื่นในการอภิปรายร่วมกัน

เมื่อผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ความคิดคล่องแคล่ว ด้านที่ 2 ความคิดริเริ่ม ด้านที่ 3 ความคิดยืดหยุ่น และด้านที่ 4 ความคิดละเอียดลออ มาประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ส่งผลต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ประเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ที่ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับ โครงการงานเป็นฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีความพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ ก่อนเรียนด้วยกิจกรรมข้างต้น หลังเรียนด้วยกิจกรรมข้างต้นในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทั้ง 3 ช่วง คือ 7.47 11.40 และ 21.35 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้นในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาจริย์ เนรมิตพานิชย์ (2561) ที่ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนา กระบวนการเรียนรู้เชิงความคิดสร้างสรรค์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จำนวน 4 หัวข้อตามแนวคิด ของ Guilford พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 คะแนน แปลความหมายได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ของ นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพในระดับที่ดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ สอดคล้องกับภัตสร ติตมา (2558) ที่ศึกษาแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาเพิ่มสูงขึ้น

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นแบบปรนัยชนิด เลือกรตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ เพื่อทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยวัดระดับ ความสามารถ ดังนี้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 78.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้

สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ จากนั้นนักเรียนก็หาวิธีแก้ไขสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว โดยเชื่อมโยงเนื้อหาของบทเรียนเข้ากับสถานการณ์ของปัญหาและให้นักเรียนร่วมกันศึกษา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของการใช้นวัตกรรมที่จะสร้าง จากนั้นนักเรียนได้วางแผนและพัฒนานวัตกรรมที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนต้องประมวลเนื้อหาพร้อมกำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงานให้ชัดเจน หลังจากนั้นนักเรียนได้ลงมือทำแล้วก็นำนวัตกรรมมาทดสอบและประเมินผลการใช้งาน ถ้าเกิดความผิดพลาดนักเรียนก็หาวิธีแก้ไขและพัฒนาวัตกรรม เมื่อได้นวัตกรรมที่สมบูรณ์แล้ว นักเรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ของนวัตกรรม ที่กระชับ เข้าใจ และชัดเจน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการนำความรู้ พร้อมกับการได้ลงมือทำด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนจำเนื้อหาในบทเรียนได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับ สุวนิดา อัญจิระเวโรจน์ (2557) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) และสอดคล้องกับพลศักดิ์ แสงพรหมศรีและคณะ (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

5.3.1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าภายในกลุ่ม ระดมความคิดแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์นั้น ๆ ศึกษาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นการที่มีแหล่งข้อมูลที่หลากหลายจะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มที่

5.3.1.2 การมีนวัตกรรมเข้ามาสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งผลในเชิงบวกอย่างเห็นได้ชัด นักเรียนเกิดความสุขสนุกสนานในการเรียนรู้ ดังนั้นหากมีสื่อหรือเทคโนโลยี และนวัตกรรมที่น่าสนใจในอนาคต จะสามารถเพิ่มความน่าสนใจต่อการจัดการเรียนรู้มากขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำนวัตกรรมที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในทางการค้า การประกอบอาชีพ หรือการอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

5.3.2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการแก้ปัญหา เป็นต้น



บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.
- ขนิษฐา บุญภักดี. (2552). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.
- จันทร์เพ็ญ ภูโสภากา. (2558). *จิตวิทยาและการแนะแนวสำหรับครู (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.
- ชลธิป สสมาหิโต. (2557). *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดการเรียนการสอนบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับปฐมวัย. เมื่อวันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สหกรณ์นิคมแห่งประเทศไทยศักดิ์ศรี*.
- ชวลิต ชุกก่าแพง. (2550). *การวิจัยหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมนึก กัททิษธานี. (2556). *การวัดผลการศึกษา*. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สมพร เชื้อพันธ์. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ มัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

- สรพรเพชญ มนพรหม. (2556). วทร. 21 เปิดโลกทัศน์ใหม่วิชาการวิทย์คณิต. *วารสารวิทยาศาสตร์*, 66(1), 65-68.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *สะเต็มศึกษา (STEM education)*. สืบค้นจาก <http://www.krusmart.com/stem-education-innovation-thailand>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *หลักสูตรอบรมศึกษานิเทศก์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สะเต็มศึกษา*. สืบค้นจาก <http://www.ipst.ac.th/index.php>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *คู่มือกิจกรรมสะเต็ม ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: PISA และ TIMSS*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *เอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การค่าของ สกสศ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *สะเต็มศึกษา*. สืบค้นจาก <http://www.prangku.ac.th>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (STEM Education). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(3), 1.
- สิริสรณ์ สิทธิรินทร์. (2554). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจในการแลกเปลี่ยนความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการจัดการความรู้ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). สืบค้นจาก Thailand Library Integrated System.
- สืบสิงห์. (2556). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสิ่งแวดล้อม*. มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

- สุคนธ์ สิ้นพานนท์. (2560). *ครูยุคใหม่กับการจัดการเรียนรู้สู่การศึกษา 4.0*. กรุงเทพฯ: 9119
เทคนิคพรีนติ้ง.
- สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ. (2556). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21*.
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42 (185), 4.
- สุพัตรา เกษมเรืองกิจ. (2551). *คอมพิวเตอร์ช่วยการสอนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. เชียงใหม่:
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุภัทรา น.วรรณพิน. (2555). *การคิดสร้างสรรค์เพื่อการจัดการคุณค่า Creativity for Value
Management*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรชัย อินทสังข์. (2557). *เบื้องหลังการออกแบบกิจกรรม STEM คณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา*.
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(187), 19-22.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและ
สังคมแห่งชาติ ฉบับที่ สิบเอ็ด พ.ศ. 2555-2559*. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542
แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่2) พ.ศ.2545 และ (ฉบับที่3) พ.ศ. 2553*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการ
และมาตรฐานการศึกษา.
- ดิลก ดิลกานนท์. (2534). *การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. (ปริญญาณิพนธ์
การศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทวีศักดิ์ แก้วทอง. (2546). *ผลของการใช้แบบฝึกกิจกรรมต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สงขลา:
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ทิสนา แคมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน (พิมพ์ครั้งที่ 21)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ธัญญ์ญา บิ่งไกร. (2561). *STEM Education กับบทบาทครูในการสร้างเด็กไทยให้เต็มคน*.
สืบค้น จาก <http://www.prangku.ac.th>
- นฤมล ยุตาคม. (2522). *อิทธิพลของการสอนโดยใช้การทดลองแบบกำหนดแนวทางกับการทดลอง
แบบไม่กำหนดแนวทางต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- นิธิพัฒน์ เมฆขจร. (2547). *การแสดงหลักฐานความเที่ยง ความเชื่อมั่น และเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ฉบับภาษาไทย และการรายงานผลการใช้แบบทดสอบในการให้คำปรึกษา*. (ปริญญาณิพนธ์การศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาการให้คำปรึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สุวีริยะสาส์น.
- ประสาธ อิศรปรีดา. (2549). *สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา*. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.
- ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบชิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- ปราณี หลาเบ็ญสะ. (2559). *การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล*. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ปรีทิพย์ บุญคง. (2546). *การศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 2 (2), 49-56.
- พรรณวิไล ชมชิด. (2557). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พัชรมน นามปวน, นันท์รัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์. (2557). *การศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พิชิต ฤทธิจรรณู. (2554). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟเฟอร์มิสท์.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2548). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ: บริษัท เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์ จำกัด.
- พิมพ์ประภา อรัญมิตร. (2552). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุ.วารสารครุศาสตร์คณะครุศาสตร์*, 3, (4).

- ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและ
จิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี จุฬาวัดทนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand
and STEM Ambassadors). *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*,
42(185), 14-18.
- รสริน พันธู. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนตามหลักการเรียนเพื่อรอบรู้โดยใช้ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์*.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่:
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รักษพล ชนานวงค์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 41(182), 15-20.
- วรรณารุ่งลักษณ์ศิริ. (2551). *ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มี
ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ใน โรงเรียนสาธิต*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- วรรณรัตน์ อึ้งสุประเสริฐ. (2544). *การวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏ
จันทรเกษม.
- วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วนิดา ดีแป้น. (2553). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุ*.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2554). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม.
- วุฒิชัย ดานะ. (2553). *ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักศึกษาในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเลย*.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา). เลย:
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

- ศิริชัย นามบุรี. (2550). รายงานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้กิจกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์และบทเรียนสำเร็จรูปอิเล็กทรอนิกส์ในสภาพแวดล้อมแบบอีเลิร์นนิ่งผ่าน โปรแกรม Moodle. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ศานิกานต์ เสนิงวงศ์. (2556). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบ โอริงามิ. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42(185), 30.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมจิต กอมณี. (2544). การพัฒนาความมีระเบียบวินัย โดยใช้กลุ่มสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมจิต สวชนไพบูลย์. (2550). รายงานการวิจัยและพัฒนารูปแบบการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาแบบเครือข่ายสถานศึกษา. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- สมนึก ภัททิยชนิ. (2556). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 9). กอสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบูรณ์ สุริยวงศ์ และคณะ. (2544). ระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- สิริสรณ์ สิ้นธิรินทร์. (2554). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจในการแลกเปลี่ยนความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียน โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สิริสรณ์ สิทธิรินทร์. (2554). คณิตศาสตร์การศึกษาและการสอนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2560). ครูยุคใหม่กับการจัดการเรียนรู้สู่การศึกษา 4.0. กรุงเทพฯ: 911 เทคนิควรรณคดี.
- โสพล มีเจริญ. (2548). การพัฒนาเครื่องมือวัดความฉลาดทางอารมณ์ โดยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: มีเดีย อินเทลลิเจน เทคโนโลยี.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42 (185), 10-18.
- อลิศรา ชูชาติ. (2549). เสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่าน ICT นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารีพันธ์มณี. (2537). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ 1412.

- อารี พันธุ์ณี. (2545). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ไชโย.
- อารี พันธุ์ณี. (2546). *จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนรู้การสอน*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- อารี รังสินันท์. (2532). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ข้าวฟ่าง.
- อุดม หอมคำ. (2546). *ผลของระดับความคิดสร้างสรรค์และรูปแบบการฝึกการคิดนอกกรอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบเลี้ยงแนวคิดครอบงำและแบบ สร้างแนวคิดที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Atkinson, S.K. (1961). *The Education's Encyclopedia*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Bruner, L.S. (1969). *The Process of Education*. Massachusetts: Hayward University Press Cambridge.
- Bloom, B. S. and others. (1982). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill Book.
- De Cecco, J.P. (1968). *The Psychology of Learning and Instruction: Educational Psychology*. New Jersey: Prentice Hall.
- Davis, G.A. and Scott, J.A. (1971). *Training Creative Thinking*. New York: Holt Rinehart and Winston Inc.
- Davis, G.A. (1983). *Psychology of Problem Solving*. New York: Basic Book.
- Edward, M.R. (2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN*. A Report Prepared for The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Gonzalez, H.B. and Kuenzi, J.J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- Guiford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- National Research Council, (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas*. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Torrance, E.P. (1964). *Education and The Creative Potential*. Minneapolis: The Lund Press.
- Torrance, E.P. (1979). *Encouraging Creative in the Classroom*. Low: Wm C. Brown.

Michael A., and Kogan, N. (1965). *Modes of Thinking in Young Children*, New York: Holt Rinehart and Winston, Inc.

Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. New York: Harcourt, Brace & World.

Watson, G., and Glazer, E. M. (1967). *Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Brace and World Inc.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ตัวอย่าง)

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชา ชีววิทยาพื้นฐาน รหัสวิชา ว31101

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช

เรื่อง กล่องปลูกผักมหัศจรรย์

จำนวน 12 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

1.1 วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่

8. ทดสอบและบอกชนิดของสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้

9. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น

10. ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

11. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และยกตัวอย่างการนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรของพืช

12. สังเกตและอธิบายการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต

1.2 คณิตศาสตร์

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ค 3.1 ม.2/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพจุดแผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล และแปลความหมายผลลัพธ์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

1.3 เทคโนโลยี

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัด ง 2.1 ม. 2/3 มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการในงานที่ผลิตเอง

ตัวชี้วัด ง 2.1 ม.2/4 เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีด้วยการลดการใช้ทรัพยากร หรือเลือกใช้เทคโนโลยีที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 2.1 อธิบายการสร้างอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้ (K)
- 2.2 ระบุประเภท และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารสังเคราะห์จากพืชได้ (K)
- 2.3 เขียนสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (P)
- 2.4 อธิบายปัจจัยภายนอก และปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (K)
- 2.5 ตรวจสอบผลของปัจจัยภายนอกที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (K)
- 2.6 ยกตัวอย่างฮอร์โมนพืชที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ (K)
- 2.7 อธิบายรูปแบบการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชได้ (K)
- 2.8 ระบุประเภทของสิ่งเร้าของการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชได้ (K)
- 2.9 ยกตัวอย่างการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชประเภทต่าง ๆ ได้ (K)
- 2.10 ออกแบบและประดิษฐ์นวัตกรรมได้ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์และเวลาที่กำหนดให้ (P)
- 2.11 ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คำนวณต้นทุนและกำไรในการทำกล่องเพาะต้นอ่อนทานตะวันได้ (P)
- 2.12 มีความตรงต่อเวลา มุ่งมั่นในการทำงาน มีระเบียบวินัย และให้ความร่วมมือภายในกลุ่ม (A)

3. สารสำคัญ

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เองผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งมีแสง น้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และคลอโรฟิลล์เป็นปัจจัยสำคัญ และจะได้น้ำตาลกลูโคส และแก๊สออกซิเจนเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้น พืชยังสามารถสังเคราะห์สารกลุ่มอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน อัลคาลอยด์ สารกลุ่มฟีนอลิก เทอร์ปีนอยด์ และสเตียรอยด์ ซึ่งมนุษย์สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นยาหรือสมุนไพรรักษาโรค กำจัดแมลงและศัตรูพืช ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และใช้เป็นวัตถุคิบบในอุตสาหกรรม

การเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องมีปัจจัยควบคุมการเจริญเติบโต แบ่งออกเป็นปัจจัยภายนอก ประกอบด้วย แสง น้ำ แร่ธาตุ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สออกซิเจน และปัจจัยภายใน คือ ฮอร์โมนพืช ประกอบด้วยออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน กรดแอบไซซิก ซึ่งมนุษย์สามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชเพื่อใช้ควบคุมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช

พืชมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่มีทิศทางสัมพันธ์กับสิ่งเร้า เช่น การตอบสนองต่อแสง สิ่งสัมผัส แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมี น้ำ เป็นต้น และรูปแบบที่ไม่มีทิศทางสัมพันธ์กับสิ่งเร้า ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ และแรงดันเต่งภายในเซลล์

4. การเรียนรู้

ความรู้ (Knowledge)

วิทยาศาสตร์

- พืชสร้างอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีปัจจัยในการสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วยแสง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารสีที่พบในคลอโรพลาสต์ของเซลล์พืช ซึ่งจะได้น้ำตาลกลูโคส และแก๊สออกซิเจนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์

- การเจริญเติบโตของพืช เป็นกระบวนการที่พืชมีการเพิ่มความสูง ขนาด และเปลี่ยนแปลงอวัยวะต่าง ๆ ไปทำหน้าที่เฉพาะของพืช ซึ่งเป็นผลมาจาก 3 กระบวนการ ได้แก่ การแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ การเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องมีปัจจัยเข้ามาควบคุม

- การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชแบ่งตามความสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้าได้ ได้แก่ แบบที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น ดอกทานตะวันหันเข้าหาแสง ปลาสร้อยเจริญเข้าหาแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบที่ไม่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น การหุบและบานของดอก หรือการหุบและกางของใบพืชบางชนิด

คณิตศาสตร์

- ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา การคำนวณต้นทุนและกำไร ความคุ้มค่าของชิ้นงาน

เทคโนโลยี (คอมพิวเตอร์และออกแบบเทคโนโลยี)

- การเลือกวัสดุให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ควรพิจารณาปัจจัยในด้านต่าง ๆ เช่น รูปทรง สี พื้นผิว ความแข็ง ความเหนียว การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามกระบวนการเทคโนโลยีควรมีการฝึกความคิดสร้างสรรค์

วิศวกรรมศาสตร์

- การออกแบบ วางแผน การแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงาน ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข ที่กำหนด

ทักษะ/กระบวนการ (Process)

- ทักษะการทดลอง
- ทักษะการสังเกต
- ทักษะการสื่อสาร
- ทักษะการแก้ปัญหา
- ทักษะความคิดสร้างสรรค์
- ทักษะกระบวนการกลุ่ม
- ทักษะการคำนวณ
- ทักษะการจำแนกประเภท

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

- มีความตรงต่อเวลา
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีระเบียบวินัย
- ให้ความร่วมมือภายในกลุ่ม

5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify a challenge) (เวลา 1 ชั่วโมง)

ครูถามนักเรียนว่า หากเราเดินเข้าห้างสรรพสินค้า ตลาดสด จะเห็นแผงวางพืชผักมากมายที่มีส่วนประกอบของผักหลายยี่ห้อ และหลากหลายรูปแบบในการบรรจุภัณฑ์เพื่อดึงดูดความต้องการของลูกค้า คนไทยเรานิยมรับประทานผักเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากกระแสสุขภาพ แต่นักเรียนรู้หรือไม่

ว่าต้องกินผักปริมาณมากเท่าใดถึงจะเพียงพอและทำให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งราคาพืชผักค่อนข้างสูง และครูเล่าต่ออีกว่าผักบางชนิดใบสวยสีเขียว ลำต้นอวบสูง ยาว กรอบ นำรับประทาน เราจะมีวิธีการปลูกอย่างไรให้มีผักที่สวยงามนั้นไว้รับประทานเองในครอบครัว ในราคาที่ประหยัด และมีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกาย ซึ่งในปัจจุบันนี้ ต้นอ่อนทานตะวันถือเป็นอาหารที่ได้รับการยอมรับว่ามีคุณค่าทางอาหาร อุดมไปด้วยสารอาหารมากมาย แถมยังมีรสชาติที่อร่อย หวานกรอบ ทานง่ายไม่เหม็นเขียว ทานได้ทุกเพศทุกวัย มีวิธีการปลูกที่ง่าย แต่ปัญหาการเพาะต้นอ่อนทานตะวันผู้เพาะไม่มีเวลาดูแลจนต้นอ่อนทานตะวันเกิดโรคเน่า ต้นเป็นรา โรคเน่าคอดิน ใบเป็นจุด หรือต้นงอกออกมาแล้วไม่ยอมตั้ง และต้องการเพาะต้นอ่อนทานตะวันให้มี 3 ลักษณะได้แก่

1. ต้นอ่อนทานตะวันที่มีลักษณะพอมยาว ตรง
2. ต้นอ่อนทานตะวันที่มีลักษณะอวบสั้น
3. ต้นอ่อนทานตะวันที่มีใบสีเขียว

นักเรียนคิดว่าเราจะออกแบบนวัตกรรมเพื่อช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างไรต้องมี ส่วนประกอบของอะไรบ้าง และแสง อุณหภูมิ ความชื้น ไปมีผลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของต้นอ่อนทานตะวันอย่างไร จะต้องมีการในการเพาะอย่างไร

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

ครั้งที่ 1 เรื่อง การสร้างอาหารของพืช (เวลา 2 ชั่วโมง)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมว่าพืชต้องการสารอาหารและพลังงานเช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต โดยพืชสามารถสร้างสารอาหารได้เองผ่านการสังเคราะห์ด้วยแสง สารอาหารที่สร้างคือ น้ำตาล และอาจถามนักเรียนว่า พืชใช้น้ำตาลที่สร้างได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไรบ้าง ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า น้ำตาลที่พืชสร้างขึ้นจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ นอกจากนี้พืชยังใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการสร้างสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในพืช

2. ครูให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างผลผลิตที่ได้จากพืช เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดถั่ว เมล็ดกาแฟ น้ำขิง พารา น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น แล้วอาจตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อถัดไป ดังนี้

- สารอินทรีย์ที่พบในผลผลิตต่าง ๆ ที่ยกตัวอย่างข้างต้นนั้น มีอะไรบ้าง และคิดว่าสารอินทรีย์เหล่านี้มีความจำเป็นต่อพืชอย่างไร

ครูอาจยกตัวอย่างเทศกาลกินเจเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับประเภทของสารอาหารที่ได้รับจากพืช ดังนี้

• การรับประทานอาหารจะได้รับสารอาหารทุกประเภทหรือไม่ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยยังไม่สรุปในทันทีแต่ให้นักเรียนกลับมาตรวจสอบคำตอบหลังจากที่ได้เรียนเรื่องสารอินทรีย์ในพืชแล้ว

• ครูนำวิดิทัศน์หรือภาพถ่ายแสดงการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่เริ่มงอกออกจากเมล็ดจนเจริญเติบโต สร้างดอกและผล เพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน และอาจตั้งประเด็นถามนักเรียนดังนี้

• พืชมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร (พืชมีบทบาทเป็นผู้ผลิตของระบบนิเวศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีในรูปของอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อีกทั้งยังสามารถผลิตแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ของระบบนิเวศ)

• เพราะเหตุใด พืชจึงสามารถสร้างอาหารได้เอง (พืชสามารถสร้างอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากในเซลล์พืชมีคลอโรพลาสต์ ซึ่งภายในมีคลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่สามารถดูดกลืนพลังงานแสง และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในรูปของอาหารได้)

คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลายแต่ทั้งนี้ครูควรเชื่อมโยงให้เข้าสู่ประเด็นเกี่ยวกับเซลล์ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยใช้รูป 3.1 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนพิจารณาองค์ประกอบพื้นฐานของเซลล์และควรสรุปได้ว่าเซลล์จะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์หลัก ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก ดังนั้นสารอินทรีย์กลุ่มนี้จึงเป็นสารที่พบได้ในพืชทุกชนิด จากนั้นครูอาจตั้งคำถามถามนักเรียนว่า พืชแต่ละชนิดจะมีการสะสมสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ในปริมาณที่แตกต่างกันหรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม 1 การทดสอบแป้งจากการสังเคราะห์ด้วยแสงใบพืช ดังนี้

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5-6 คน แต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การทดสอบแป้งจากการสังเคราะห์ด้วยแสงใบพืช

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลของการทดสอบแป้งของแต่ละกลุ่มว่ามีผลอย่างไร

3. ให้นักเรียนช่วยกันสรุปผลจากการทำกิจกรรมการทดสอบแป้งจากการสังเคราะห์ด้วยแสงใบพืช แล้วครูผู้สอนนัดหมายล่วงหน้าในการเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในชั่วโมงถัดไป

- ครูตรวจใบงานที่ 1

- ครูให้คะแนนแบบประเมินพฤติกรรม

จากนั้นครูให้นักเรียนเชื่อมโยงถึงการอภิปรายในตอนต้นเกี่ยวกับสารอินทรีย์ที่พบได้ในผลผลิตจากพืชที่นักเรียนและครูร่วมกันยกตัวอย่างข้างต้น เช่น เมล็ดกาแฟ น้ำมันพารา น้ำมันหอม

ระเหย โดยอาจตั้งประเด็นให้อภิปรายว่า นักเรียนคิดว่าสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถพบได้ในพืชทุกชนิดหรือไม่ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่หัวข้อถัดไป

ครั้งที่ 2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (1 ชั่วโมง)

ครูตั้งคำถามเพื่อเร้าความสนใจเกี่ยวกับพืชที่นักเรียนชอบว่า พืชที่นักเรียนชอบมีอะไรบ้างที่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5-6 คน
2. ครูให้แต่ละกลุ่มศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลของการทำกิจกรรมว่ามีผลอย่างไร
4. ครูสรุปผลจากการทำกิจกรรม
 - เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ ครูนัดหมายล่วงหน้าในการเรียนเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าในชั่วโมงถัดไป
 - ครูตรวจใบงานที่ 2
 - ครูให้คะแนนแบบประเมินพฤติกรรม

ครั้งที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า (2 ชั่วโมง)

ครูตั้งคำถามเพื่อเร้าความสนใจกับนักเรียนว่า นักเรียนการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าสามารถมีทิศทางแบบไหนได้บ้าง (คำตอบเป็นไปอย่างอิสระ) แล้วถามต่อว่า นักเรียนทราบหรือไม่ว่า การตอบสนองมีทิศทางสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้านั้นอย่างไร จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรมที่จะทำในวันนี้ นั่นคือ กิจกรรมที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติ ดังนี้

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5-6 คน
2. ครูให้แต่ละกลุ่มศึกษาถึงการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลของการทำกิจกรรมว่ามีผลอย่างไร
4. ครูสรุปผลจากการทำกิจกรรม
 - เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ ครูนัดหมายล่วงหน้าในการเรียนเกี่ยวกับการออกแบบกล่องปลูกต้นอ่อนทานตะวันในชั่วโมงถัดไป
 - ครูตรวจใบงานที่ 3
 - ครูให้คะแนนแบบประเมินพฤติกรรม

ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา (Plan and develop) (3 ชั่วโมง)

1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะสร้างนวัตกรรมว่า

• นักเรียนสามารถออกแบบนวัตกรรมเพื่อช่วยปัญหาการเพาะต้นอ่อนทานตะวันผู้เพาะไม่มีเวลาดูแลจนต้นอ่อนทานตะวันเกิดโรคเน่า ต้นเป็นรา โรคเน่าคอดิน ใบเป็นจุด หรือต้นงอกออกมาแล้วไม่ยอมตั้ง และต้องการเพาะต้นอ่อนทานตะวันให้มี 3 ลักษณะได้แก่

- 1) ต้นอ่อนทานตะวันที่มีลักษณะผอมยาว ตรง
- 2) ต้นอ่อนทานตะวันที่มีลักษณะอวบสั้น
- 3) ต้นอ่อนทานตะวันที่มีใบสีเขียว ได้อย่างไร ต้องมีส่วนประกอบของอะไรบ้าง

• นักเรียนสามารถนำวัสดุอุปกรณ์อะไรมาใช้ในการสร้างกล่องนั้นได้บ้าง คุ้มค่าหรือไม่

2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมเพิ่มเติม เรื่อง ผักอายุสั้น ที่ทำให้เราอายุยืน

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบกล่องเพาะต้นอ่อนทานตะวัน วางแผนวิธีการสร้างกล่องเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ให้ต้นทุนต่ำ แต่ได้ผักที่มีคุณภาพมากที่สุด โดยมีงบให้กลุ่มละ 250 บาท และเขียนวิธีการเพาะ/การให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ

5. นักเรียนนำเสนอรูปแบบวิธีการสร้างกล่องเพาะต้นอ่อนทานตะวัน และครูให้คำแนะนำ

6. ในการทำกิจกรรมให้นักเรียนวางแผนในเรื่องของต้นทุนการผลิตและราคาขายให้ได้กำไรมากที่สุดด้วย และเขียนเหตุผลการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ และบอกเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์เหล่านั้น จำนวนที่ใช้ เพื่อคำนวณต้นทุน แนวคิดในการสร้างชิ้นงานภายในกลุ่ม แล้วร่างภาพผังความคิด

7. นักเรียนประดิษฐ์กล่องเพาะต้นอ่อนทานตะวันตามแผนที่วางไว้ (ทำนอกเวลาเรียนได้)

ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) (1 ชั่วโมง)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบชิ้นงานและผลผลิตของนักเรียนว่าสามารถได้ผลอย่างที่เรต้องการหรือไม่ พร้อมทั้งสังเกต และบันทึกผลการทดสอบลงในใบบันทึกกิจกรรม

2. ครูตรวจสอบข้อบกพร่องที่ ผลิตบกพร่องที่ วิธีการคำนวณราคา และราคาว่าสมเหตุสมผลหรือไม่

3. ถ้ากลุ่มไหนเกิดข้อผิดพลาดของชิ้นงานหรือผลผลิต ให้แต่ละกลุ่มแก้ไขชิ้นงาน และนำมาทดสอบใหม่ พร้อมกับครูประเมินชิ้นงานของนักเรียนตามแบบฟอร์มการประเมินชิ้นงานนวัตกรรม

4. นักเรียนเตรียมนำเสนอนวัตกรรมและผลการดำเนินงาน

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (เวลา 2 ชั่วโมง)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอนวัตกรรมที่สร้างขึ้น การปรับปรุงชิ้นงานจนได้รูปแบบดังกล่าวตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงกระบวนการสุดท้าย แล้วอภิปรายร่วมกันถึงแนวทางการประดิษฐ์ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ

2. ครูและนักเรียนร่วมกันซักถามกลุ่มที่ออกมานำเสนอถึงข้อสงสัยต่าง ๆ
3. ครูและนักเรียนสรุปผลลัพธ์ที่ได้
4. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้

6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

- วัสดุ อุปกรณ์
- ใบความรู้ที่ 1-3
- ใบกิจกรรมที่ 1-3
- ใบกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา
- ใบบันทึกกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา
- หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม ม.4 เล่ม 1
- ห้องสมุดโรงเรียนบรบือวิทยาคาร

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
พุทธิพิสัย		
<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการสร้างอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้ (K) - ระบุประเภท และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารสังเคราะห์จากพืช - อธิบายปัจจัยภายนอก และปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (K) - ตรวจสอบผลของปัจจัยภายนอกที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (K) - ยกตัวอย่างฮอร์โมนพืชที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ - อธิบายรูปแบบการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชได้ (K) - ระบุประเภทของสิ่งเร้าของการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชได้ (K) - ยกตัวอย่างการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชประเภทต่าง ๆ ได้ (K) 	ใบงานที่ 1-3	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
ทักษะพิสัย		
<ul style="list-style-type: none"> - เขียนสมการการสังเคราะห์ด้วยแสง - ออกแบบและประดิษฐ์นวัตกรรมได้โดยใช้วัสดุอุปกรณ์และเวลาที่กำหนดให้ (P) - ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คำนวณต้นทุนและกำไรในการทำถ่วงเพาะต้นอ่อนทานตะวันได้ (P) 	ใบบันทึกกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
จิตพิสัย		
มีความตรงต่อเวลา มุ่งมั่นในการทำงาน มีระเบียบวินัย และให้ความร่วมมือภายในกลุ่ม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลการจัดการเรียนรู้ (นักเรียนทั้งหมด 36 คน)

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวศิริณญา พรหมคำ)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพอครู

ความเห็นของครูพี่เลี้ยง

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

ลงชื่อ.....

(นายอรรถพล พันธุ์งาม)

ครูชำนาญการพิเศษ

ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

.....
.....

ลงชื่อ.....

(นางกุลวดี ผ่านังหาร)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....
.....
.....
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลงชื่อ.....

(นายพัฒน์วงศ์ ดอกไม้)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

ความเห็นของผู้บริหารโรงเรียน

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

ลงชื่อ.....

(นายสมทรัพย์ ภูโสดา)

ผู้อำนวยการ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร

แบบประเมินคะแนนรายบุคคล

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4

รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว 31101

ภาคเรียนที่ 1/12562

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช

เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	คะแนน				
		ใบงานที่ 1 (K) (12 คะแนน)	แบบวัดการคิดอย่างมี วิจารณญาณ (P) (12 คะแนน)	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ (A) (ค่าผ่าน/ไม่ผ่าน)	คะแนนรวม (24 คะแนน)	คะแนนเก็บ (3 คะแนน)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

ลงชื่อ (ผู้บันทึก)

(นางสาวศิริณญา พรหมคำ)

วันที่ / /

เกณฑ์ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. มีความสนใจใฝ่รู้	เข้าเรียนตรงเวลา มีความตั้งใจและมีความเพียรพยายามในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากตำราและใช้สื่อเทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน สรุปเป็นองค์ความรู้ได้	เข้าเรียนช้ากว่า 15 นาที มีความตั้งใจและมีความเพียรพยายามในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้จากตำราและใช้สื่อเทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ สรุปเป็นองค์ความรู้ได้	ตั้งใจเรียนและมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ เข้าเรียนช้ากว่า 30 นาที และไม่สนใจเข้าร่วมกิจกรรม
2. มีการคิดอย่างวิพากษ์วิจารณ์	ในขณะที่เรียนผู้เรียนมีการคิดอย่างวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องนั้นๆ อย่างมีเหตุมีผลอยู่ตลอด	ในขณะที่เรียนผู้เรียนมีการคิดอย่างวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องนั้นๆ อย่างมีเหตุมีผลอยู่บางครั้ง	ในขณะที่เรียนผู้เรียนมีการคิดอย่างวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องนั้นๆ อย่างมีเหตุมีผลอยู่น้อยมาก
3. มุ่งมั่นในการทำงาน	เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเพียรพยายามและความตั้งใจ และทำงานสำเร็จ ลุล่วงตามเป้าประสงค์ สามารถแก้ไขปัญหาและปรับปรุงผลงานได้ด้วยตนเอง	เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเพียรพยายามและความตั้งใจ และทำงานสำเร็จ ลุล่วงตามเป้าประสงค์ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง	ทำงานไม่สำเร็จ ลุล่วงตามเป้าหมาย

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
4. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	สมาชิกในกลุ่มจำนวน 4 คน หรือ 4 คนขึ้นไป มีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการทำงานอย่างเต็มที่	สมาชิกในกลุ่มจำนวน 3 คน มีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการทำงาน	สมาชิกในกลุ่มจำนวน 2 คน หรือน้อยกว่า 2 คนมีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการทำงาน

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ หรือระดับ 2 ขึ้นไป)

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
9 – 12	ดี
5 – 8	พอใช้
1 – 4	ปรับปรุง

กิจกรรมที่ 1

เรื่อง แสงมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

จุดประสงค์กิจกรรม

1. ทำการทดลองและสรุปได้ว่า แสงมีความสำคัญ ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1. ดินฝักบัวจีนขนาดสูงประมาณ 10 cm	3 ต้น
2. กระดาษสีดำขนาด 3 cm x 5 cm	1 แผ่น
3. กระดาษลอกลายขนาด 3 cm x 5 cm	1 แผ่น
4. ที่เย็บกระดาษ	1 อัน
5. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์ พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
7. ปากคืบ	1 อัน
8. งานเพาะเชื้อ	1 อัน
9. หลอดหยด	1 อัน
10. หลอดทดลองขนาดใหญ่	1 หลอด
11. สารละลายไอโอดีน	5 cm ³
12. บีกเกอร์ 250 cm ³	1 ใบ
13. เอธิลแอลกอฮอล์	20 cm ³
14. น้ำ	40 cm ³

วิธีทำกิจกรรม

1. เพาะต้นผักบุ้งให้สูงประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำไปไว้ในที่มีดสนิทเป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้แป้งที่มีอยู่เดิมหมดไป
2. นำดุงที่ทำจากกระดวยลอกกลาย และกระดวยทึบแสงสีดำ ชนิดละ 1 ถุงคลุมที่ใบ ใช้ลวดเย็บกระดวยเย็บปากดุงให้ปิดสนิท แล้วนำต้นผักบุ้งไปตั้งไว้กลางแดดประมาณ 3 ชั่วโมง



ภาพ 5.1 การสวมดุงกระดวยลงบนใบผักบุ้ง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวทศ), (2548). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 64
 ดึงมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต. : 64

3. นำดุงที่สวมใบผักบุ้งออก แล้วเด็ดใบผักบุ้งที่ไม่ได้สวมด้วยดุง 1 ใบ ใบที่สวมด้วยดุง กระดวยลอกกลาย 1 ใบ และ ใบที่สวมด้วยดุงกระดวยสีดำ 1 ใบ ทำเครื่องหมายใบพืชแต่ละใบ แล้วสกัดคลอโรฟิลล์ออกจากใบพืชด้วยวิธีการดังนี้
 - 3.1 ต้มน้ำ 40 cm³ ในบีกเกอร์จนเดือด ใส่ใบผักบุ้งลงไป ต้มต่อไปประมาณ 1 นาที
 - 3.2 ทุบใบผักบุ้งใส่ลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ เติมแอลกอฮอล์ลงไปพอท่วมใบ แช่หลอดทดลองในบีกเกอร์ที่มีน้ำต้มอยู่ ต้มต่อไปอีกประมาณ 2 นาที จนกระทั่งใบมีสีซีด สังเกตสีของแอลกอฮอล์ในหลอดทดลอง ทุบใบผักบุ้งจากหลอดทดลอง จุ่มลงในน้ำเย็น
4. วางใบผักบุ้งแผ่นบนกระดาษฟิวส์ แล้วหยดสารละลายไอโอดีนบนใบผักบุ้งแต่ละใบ เพื่อทดสอบแป้ง สังเกตและบันทึกผล



หลอดทดลอง
แอลกอฮอล์
ใบฝักบุง
น้ำ

แอลกอฮอล์เป็นสารไวไฟ การให้ความร้อนจึงต้องใช้วิธีผ่านน้ำเดือด ห้ามเผาโดยตรง



ภาพ 5.2 การให้ความร้อนแก่ฝักบุงที่แช่อยู่ในแอลกอฮอล์

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
ถึงมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต. : 65

การที่ต้องสกัดคลอโรฟิลล์ออกจากใบ ก็เพื่อให้เห็นผลการทดลองได้ชัดเจนเมื่อหยดสารละลายไอโอดีนลงบนใบ



ตารางบันทึกผล

ใบฝักบุง	ผลการทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน
ใบฝักบุงที่ได้รับแสง	
ใบฝักบุงที่ถูกปิด ด้วยกระดาษลอกลาย	
ใบฝักบุงที่ถูกปิด ด้วยกระดาษสีดำ	

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

จำนวน 1 แผน รวม 12 ชั่วโมง

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านโดยทำเครื่องหมาย ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่ามีความสอดคล้องต่อแผนการจัดการเรียนรู้และขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญบันทึกรายละเอียดในส่วนข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมากที่สุด	ให้ 5 คะแนน
รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมาก	ให้ 4 คะแนน
รายการประเมินที่มีความเหมาะสมปานกลาง	ให้ 3 คะแนน
รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อย	ให้ 2 คะแนน
รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

4.51-5.00 หมายถึง	รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50 หมายถึง	รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมาก
2.51-3.50 หมายถึง	รายการประเมินที่มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50 หมายถึง	รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อย
1.00-1.50 หมายถึง	รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

(ตัวอย่าง)

แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้					
2. สาระสำคัญ					
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)					
3. สาระการเรียนรู้					
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
3.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)					
3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน					
3.5 เหมาะสมกับองค์ความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่					
3.5.1 วิทยาศาสตร์					
3.5.2 คณิตศาสตร์					
3.5.3 เทคโนโลยี					
3.5.4 วิศวกรรมศาสตร์					
4. เนื้อหา					
4.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้เหมาะสม					
4.3 สอดคล้องกับตัวชี้วัด					
4.4 สอดคล้องกับสาระสำคัญ					
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
5. กิจกรรมการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและสาระการเรียนรู้					
5.3 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน					
5.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการวางแผนในการทำงาน					
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และเกิดพัฒนาการด้านสมรรถนะของผู้เรียน					
5.6 ชิ้นงาน STEM สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
5.7 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา					
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้					
6.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน					
6.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
6.3 ได้รับความสนใจต่อผู้เรียน					
7. การวัดและประเมินผล					
7.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้					
7.4 วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ตามที่ระบุไว้					
7.5 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมกับผู้เรียน					

ข้อเสนอแนะ

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

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ตัวอย่าง)

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4

คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแล้วบันทึกระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

กลุ่มที่	เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน				คะแนนรวม (12)	ผลการประเมิน	
			คิดริเริ่ม (3)	คิดลงมือทำ (3)	คิดยืดหยุ่น (3)	คิดละเอียดลออ (3)		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
2	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								

ลงชื่อ.....

(นางสาวศิริินญา พรหมคำ)

วันที่ เดือน พ.ศ.

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM
แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์
จากชิ้นงาน STEM

คำชี้แจง ขอให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่าน โดยใส่เครื่องหมาย (□) ลงในช่อง
 ความคิดเห็นพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ให้ +1 คือ แบบประเมินมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าแบบประเมินมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้ -1 คือ แบบประเมินไม่มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

วิธีการประเมินให้คะแนน โดยการตรวจจากชิ้นงาน

ที่	รายการประเมิน	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	ความคิดริเริ่ม				
2	ความคิดคล่อง				
3	ความคิดยืดหยุ่น				
4	ความคิดละเอียดลออ				

เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM

ประเด็นที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความคิดริเริ่ม	พัฒนากล่องเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน หรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยความคิดที่โดดเด่น แปลกใหม่ แตกต่างจากคนอื่น และเหมาะสมต่อ การใช้งานจริง	พัฒนากล่องเพาะ ต้นอ่อน ทานตะวันหรือ วิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการ เพาะต้นอ่อน ทานตะวันด้วย การผสมผสาน และดัดแปลงจาก ความคิดเดิม	พัฒนากล่องเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน หรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน โดยไม่มีความคิด ที่โดดเด่น แปลก ใหม่	ไม่ส่งชิ้นงาน
ความคิด คล่องแคล่ว	มีการคิดหาวิธีการ แก้ปัญหาเกี่ยวกับการ เพาะต้นอ่อน ทานตะวัน ได้ มากกว่า 2 วิธี ภายในเวลาที่ กำหนดในการ ปฏิบัติกิจกรรมฝึก อายุน้อยที่ทำให้ เราอายุยืน	มีการคิดหา วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อน ทานตะวัน ได้ เพียง 1 วิธี ภายใน เวลาที่กำหนดใน การปฏิบัติ กิจกรรมฝึกอายุ น้อยที่ทำให้เรา อายุยืน	ไม่สามารถคิดหา วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน ได้ภายในเวลา กำหนดในการ ปฏิบัติกิจกรรมฝึก อายุน้อยที่ทำให้ เราอายุยืน	ไม่ส่งชิ้นงาน
ความคิด ยืดหยุ่น	มีการคิดหาวิธีการ แก้ปัญหาเกี่ยวกับการ เพาะต้นอ่อน ทานตะวัน โดย ดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่	มีการคิดหา วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อน ทานตะวัน โดย	ไม่สามารถคิดหา วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน โดยดัดแปลงสิ่งที่	ไม่ส่งชิ้นงาน

ประเด็นที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
	หรือนำสิ่งอื่นมา ทดแทนสิ่งที่ขาด ได้อย่าง หลากหลาย	ดัดแปลงสิ่งที่มี อยู่หรือนำ สิ่งอื่น มาทดแทนสิ่งที่ ขาดได้แต่ยังไม่ เหมาะสมกับงาน	มีอยู่ หรือนำ สิ่ง อื่นมาทดแทนสิ่งที่ ขาดได้	
ความคิด ละเอียด ลออ	อธิบายวิธีการคิด แก้ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวันจาก สถานการณ์ที่ กำหนด ได้อย่าง ชัดเจน กระชับ หรือขยายความ คิดได้อย่าง ครบถ้วน และมี รายละเอียดที่ สมบูรณ์	อธิบายวิธีการคิด แก้ปัญหาเกี่ยวกับ การเพาะต้นอ่อน ทานตะวันจาก สถานการณ์ที่ กำหนดได้แต่ขาด ความชัดเจน	ไม่มีการคิดแจก แจง รายละเอียดของ วิธีการแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเพาะ ต้นอ่อนทานตะวัน จากสถานการณ์ที่ กำหนดหรือขยาย ความคิด	ไม่ส่งชิ้นงาน

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

(ตัวอย่าง)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

.....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และเขียนเครื่องหมายกากบาท ลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
 - น้ำ
 - แสง
 - คลอโรฟิลล์
 - แก๊สออกซิเจน
- ข้อใดไม่สัมพันธ์กันกับสารอินทรีย์ที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง
 - ดอกไม้บางชนิดมีสีหรือกลิ่นที่ล่อแมลงเพื่อช่วยผสมเกสร
 - น้ำยางของมะละกอป้องกันอันตรายจากศัตรูพืช
 - สารคาเฟอีนในกาแฟส่งเสริมจลินทรีย์ให้เจริญ
 - น้ำมันหอมระเหยในยูคาลิปตัสยับยั้งการเจริญเติบโตพืชบางชนิดที่อยู่บริเวณใกล้เคียง
- ข้อใดถูกนำมาใช้ทางการแพทย์และเภสัชกรรมเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก
 - น้ำมันมะกอก
 - บีตาโทสเตอร์โรล
 - เซลลูโลส
 - ฟลูทแทน
- ถ้านักเรียนต้องการปลูกพืชเพื่อกินใบ เช่น กะเพรา โหระพา ให้มีใบจำนวนมากและสมบูรณ์ ควรให้ปุ๋ยที่เน้นธาตุอาหารใดเป็นหลัก
 - เหล็ก
 - โบรอน
 - ทองแดง
 - ไนโตรเจน
- การใช้สารสังเคราะห์ที่มีสมบัติคล้ายฮอร์โมน ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของอ้อยจัดเป็นระยะการเจริญระยะใด
 - ระยะเมล็ด
 - ระยะที่เจริญเป็นต้น
 - ระยะที่เจริญออกดอก
 - ระยะที่เจริญติดผล
- การเคลื่อนไหวของพืชในข้อใดมีทิศทางการสัมพันธ์กับสิ่งเร้า
 - การบาน-หุบของดอกบัว
 - การเกี่ยวพันหลักของต้นองุ่น
 - การหุบใบของต้นไมยราบเมื่อถูกสัมผัส
 - การหุบใบของต้นกระถินยักษ์ในเวลากลางคืน

7. การที่พวงชมพูเลื้อยพันไปตามหลังคา กำแพง หรือโครงสร้างต่าง ๆ ได้นั้นเป็นการตอบสนองของพืชในรูปแบบใด
- แบบที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า
 - แบบที่มีทิศทางไม่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า
 - แบบที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของแรงโน้มถ่วง
 - แบบที่มีทิศทางไม่สัมพันธ์กับทิศทางของแรงโน้มถ่วง
8. การหุบของใบไมยราบเมื่อโดนสัมผัสมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชอย่างไร
- ควบคุมอุณหภูมิทำให้เร่งการปฏิสนธิ
 - ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดแก่พืช
 - ช่วยพยุงลำต้นให้พืชสามารถเจริญขึ้นตั้งตรงได้
 - ทำให้พืชได้รับความเข้มแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
9. การโค้งเข้าหาแสงของปลายยอดของต้นพืชมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชอย่างไร
- ควบคุมอุณหภูมิทำให้เร่งการปฏิสนธิ
 - ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดแก่พืช
 - ช่วยพยุงลำต้นให้พืชสามารถเจริญขึ้นตั้งตรงได้
 - ทำให้พืชได้รับความเข้มแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
10. การเจริญของปลายรากพืชในทิศทางเดียวกับแรงโน้มถ่วงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชอย่างไร
- ควบคุมอุณหภูมิทำให้เร่งการปฏิสนธิ
 - เพื่อเจริญเข้าหาแหล่งน้ำ
 - ช่วยพยุงลำต้นให้พืชสามารถเจริญขึ้นตั้งตรงได้
 - ทำให้พืชได้รับความเข้มแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

ภาคผนวก ค

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ผชช 1	ผชช 2	ผชช 3	ผชช 4	ผชช 5	\bar{X}	S	ความหมาย
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	5	5	5	5	5	5	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านที่ 1						4.73	0.37	เหมาะสมมากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านที่ 2						4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผชช 1	ผชช 2	ผชช 3	ผชช 4	ผชช 5	\bar{X}	S	ความหมาย
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	5	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3.5 เหมาะสมกับองค์ความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
เฉลี่ยรวมด้านที่ 3						4.72	0.40	เหมาะสมมากที่สุด
4. เนื้อหา								
4.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	5	0.00	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ) 152

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผชช 1	ผชช 2	ผชช 3	ผชช 4	ผชช 5	\bar{X}	S	ความหมาย
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	5	4	4	5	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
เฉลี่ยรวมด้านที่ 4						4.72	0.40	เหมาะสมมากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและสาระการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการวางแผนในการทำงาน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และเกิดพัฒนาการด้านสมองตามวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.6 ชิ้นงาน STEM สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	พจนฯ 1	พจนฯ 2	พจนฯ 3	พจนฯ 4	พจนฯ 5	\bar{X}	S	ความหมาย
5.7 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านที่ 5						4.77	0.41	เหมาะสมมากที่สุด
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้								
6.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 ได้รับความสนใจต่อผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านที่ 6						4.73	0.48	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	5	5	4	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผชช 1	ผชช 2	ผชช 3	ผชช 4	ผชช 5	\bar{X}	S	ความหมาย
7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	4	4	4	5	4.20	0.84	เหมาะสมมาก
7.4 วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ตามที่ระบุไว้	4	5	4	4	5	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
7.5 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านที่ 7						4.45	0.65	เหมาะสมมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด						4.71	0.44	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางสรุปว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ทั้งหมด 1 แผน รวม 12 ชั่วโมง โดยรวมเท่ากับ 4.71 หมายความว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค.2

ค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การคําลงชีวิตของพืช จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (P)	แปลผล	อำนาจจำแนก (B)	แปลผล	แปลผลคุณภาพ ข้อสอบ
1	0.50	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.60	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.63	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.60	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.73	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.63	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.53	ใช้ได้	0.67	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.47	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.60	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.67	ใช้ได้	0.23	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.60	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.53	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.60	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.73	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.60	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.57	ใช้ได้	0.73	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.53	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.63	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.50	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.50	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.63	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.47	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้

(ต่อ)

ตารางที่ ค. 2 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (P)	แปลผล	อำนาจจำแนก (B)	แปลผล	แปลผลคุณภาพ ข้อสอบ
25	0.57	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.53	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.80	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.63	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.57	ใช้ได้	0.20	ทิ้ง	ใช้ได้
30	0.53	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
31	0.60	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
32	0.67	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้
33	0.63	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
34	0.73	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้ได้
35	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้ได้
36	0.57	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	ใช้ได้
37	0.60	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
38	0.57	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
39	0.40	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้ได้
40	0.67	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้

จากตารางสรุปได้ว่า การหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช พบว่า มีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.20-1.00 ในการคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด 40 ข้อ ให้เหลือเพียง 20 ข้อ เพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ ค. 3

วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช
จำนวน 20 ข้อ

คนที่	X_i	$(X_i)^2$	$X_i - C$	$(X_i - C)^2$
1	18	324	4	16
2	14	196	0	0
3	15	225	1	1
4	17	289	3	9
5	14	196	0	0
6	14	196	0	0
7	16	256	2	4
8	16	256	2	4
9	18	324	4	16
10	12	144	-2	4
11	16	256	2	4
12	15	225	1	1
13	17	289	3	9
14	17	289	3	9
15	14	196	0	0
16	10	100	-4	16
17	9	81	-5	25
18	3	9	-11	121
19	9	81	-5	25
20	3	9	-11	121
21	4	16	-10	100
22	6	36	-8	64
23	6	36	-8	64
24	3	9	-11	121
25	6	36	-8	64

(ต่อ)

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

คนที่	X_i	$(X_i)^2$	$X_i - C$	$(X_i - C)^2$
26	10	100	-4	16
27	3	9	-11	121
28	6	36	-8	64
29	6	36	-8	64
30	6	36	-8	64
รวม	323	4291	-97	1127

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Reliability) โดยใช้วิธีการของ Lovett

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x - \sum x^2}{(k-1) \sum (x-c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์
 k แทน จำนวนข้อสอบ
 c แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
 X แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน
 แทนค่าในสูตร

$$r_{cc} = 1 - \frac{(20)(323) - (4291)}{(20-1)(1127)}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.11$$

$$r_{cc} = 0.89$$

สรุป ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 0.89

ตารางที่ ค.4

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงาน STEM โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ด้านที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	ค่าความ สอดคล้อง IOC	แปล ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

จากตารางสรุปได้ว่า เมื่อนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยวิธีการหาค่าความสอดคล้อง IOC ผลการประเมินได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การคัดเลือกข้อสอบ
7	25	0.80	ใช้ได้	ทิ้ง
	26	0.73	ใช้ได้	ทิ้ง
	27	0.87	ใช้ได้	ทิ้ง
	28	0.93	ใช้ได้	ทิ้ง
8	29	0.40	ใช้ได้	ทิ้ง
	30	0.80	ใช้ได้	ทิ้ง
	31	0.87	ใช้ได้	ทิ้ง
	32	0.33	ใช้ได้	ทิ้ง
9	33	0.80	ใช้ได้	ทิ้ง
	34	0.87	ใช้ได้	ทิ้ง
	35	0.80	ใช้ได้	ทิ้ง
	36	0.87	ใช้ได้	ทิ้ง
10	37	0.80	ใช้ได้	คัดเลือกไว้
	38	0.93	ใช้ได้	คัดเลือกไว้
	39	0.87	ใช้ได้	คัดเลือกไว้
	40	0.73	ใช้ได้	คัดเลือกไว้

จากตารางสรุปได้ว่า การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.33-0.93 มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ทุกข้อ ทั้ง 40 ข้อ ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบให้เหลือเพียง 20 ข้อ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 3 สถานการณ์ที่ 4 และ สถานการณ์ที่ 10 เพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาคผนวก ง

คะแนนทดสอบหลังเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ง. 1

คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
1	17
2	16
3	14
4	17
5	14
6	15
7	14
8	12
9	14
10	16
11	11
12	18
13	14
14	11
15	14
16	17
17	13
18	10
19	17
20	11
21	15
22	17
23	17

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
24	11
25	15
26	15
27	14
28	15
29	14
30	18
31	11
32	14
33	15
34	14
35	18
36	19
ค่าเฉลี่ย	14.72
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.26
ร้อยละ	73.60

ตารางที่ ง.2

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ระหว่างและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)
1	5	9
2	5	9
3	4	10
4	5	10
5	5	12
6	5	12
7	5	9
8	5	11
9	5	11
10	4	10
11	5	12
12	5	11
13	5	11
14	5	11
15	5	11
16	5	10
17	6	10
18	4	8
19	6	11
20	5	10
21	6	12
22	7	12
23	6	11
24	6	11

(ต่อ)

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)
25	4	10
26	4	10
27	4	10
28	5	10
29	5	11
30	5	10
31	6	11
32	6	11
33	5	11
34	5	11
35	7	11
36	6	11
ค่าเฉลี่ย	5.14	10.58
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.77	0.94
ร้อยละ	43.06	88.19

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นางสาวศิริินญา พรหมคำ
วัด เดือน ปี เกิด	3 พฤษภาคม 2539
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 88 หมู่ 3 ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2553	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีราชินูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2557	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีราชินูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2561	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2563	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม