การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

วิทยานิพนธ์

ของ

ประภาพร เทียมเพ็ง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา

กุมภาพันธ์ 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

วิทยานิพนธ์
ของ
ประภาพร เทียมเพ็ง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา
กุมภาพันธ์ 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Integrated Science Process Skills and Scientific Creativity Thinking of Mathayomsuksa 1 Students Based on STEAM Education by Producing Work Pieces from Waste Materials

Prapaporn Tiampeng

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Biology Education)
February 2023
Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. สุมาลี ชูกำแพง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผศ. ดร. บังอร แถวโนนงิ้ว)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ธีรพร กทิศาสตร์)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. บังอร กองอิ้ม)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

ผู้วิจัย ประภาพร เทียมเพ็ง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี ชูกำแพง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บังอร แถวโนนงิ้ว

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** ชีววิทยาศึกษา

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) สำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม 2) พัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) ศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และ 4) เพื่อศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้กำหนดการวิจัยออกเป็น 4 ระยะ โดยมีกลุ่มตัวอย่างในแต่ละระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 42 คน และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน ระยะที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 จำนวน 42 คน ระยะที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน และระยะที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 ได้แก่ 1) แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน 2) แบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน 3) แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอนเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และ 5) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระยะที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 2 แผน ระยะที่ 3 ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.25 - 0.61 ความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.48 - 0.79 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ

เท่ากับ 0.98 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 – 0.61 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.87 และ 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน และระยะที่ 4 ได้แก่ แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมุติฐานด้วยสถิติ t-test (Dependent Samples)

จากผลการวิจัยพบว่า

ระยะที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียน ในการจัดกาเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ เน้นการบรรยายและให้นักเรียนท่องจำ จด เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ นักเรียนจึงได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองน้อย การบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับสาขาวิชาอื่น ๆ ค่อนข้างน้อย นักเรียนสามารถทำการทดลองตามขั้นตอนในหนังสือเรียนได้ แต่ไม่สามารถตั้งคำถามหรือปัญหาจากสิ่งที่สังเกตเห็นซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้นักเรียนขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียน นักเรียนจะไม่มีความมั่นใจในตนเอง ไม่กล้าถามตอบ ไม่กล้าคิด หรือออกแบบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่เดิม หรือตัวอย่างที่มีในหนังสือเรียน มักจะมีแนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่ม และความคิดที่แปลกใหม่

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง (Try Out) มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) แยกพิจารณาเป็น 2 ด้าน โดยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีค่าเท่ากับ 81.07/80.24 และด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ระยะที่ 3 ผลการนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ที่พัฒนาและปรับปรุงแล้ว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระยะที่ 4 ผลการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.65, S.D. = 0.59)

คำสำคัญ : ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, สะตีมศึกษา, ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

TITLE Development of Integrated Science Process Skills and Scientific Creativity Thinking of Mathayomsuksa 1 Students Based on STEAM Education by Producing Work Pieces from Waste Materials

AUTHOR Prapaporn Tiampeng

ADVISORS Assistant Professor Sumalee Chookhampaeng , Ph.D.
Assistant Professor Bung-on Thaewnongiw , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Biology Education

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2023

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to explore the learning problems of grade 7 students in Sarakham Pittayakom School, Maha Sarakham Province; 2) to develop a learning management plan based on the STEAM education concept by producing workpieces from waste materials to promote integrated science process skills and scientific creativity; 3) to study the efficiency of the learning management plan based on STEAM education concept by producing work pieces from waste materials on the topic Plant Life in Science Subject for grade 7 students compares to the 80/80 criteria; 4) to study the effect of learning management plan based on STEAM education concept by producing work pieces from waste materials on topic Plant Life for grade 7 students. The research was divided into 4 phases with the samples in each phase as follows: Phase 1, the samples were 42 grade 7 students and 5 science teachers of Sarakham Pittayakom School, Maha Sarakham Province; Phase 2, the samples were 42 grade 7/8 students; Phase 3, the samples were 42 grade 7/12 students; and Phase 4, the samples were 42 grade 7/12 students. The research tools used in each phase were: Phase 1 included 1) the observation form, 2) the learning problem questionnaires, and 3) the teacher's interview form to analyze the learning problem in science subject of grade 7 students, Sarakham Pittayakom School, 4) the integrated science process skills test, and 5) scientific creativity test.

Phase 2 included two learning management plans based on the STEAM education concept by producing work pieces from waste materials. Phase 3 included 1) the integrated science process skills test with a discriminant power value between 0.25 - 0.61, a difficulty level between 0.48 - 0.79, and the reliability of 0.98, 2) the scientific creativity test with a discriminant power value between 0.30 – 0.61, and the reliability of 0.87, and 3) scientific creativity test. Phase 4 included a learning management evaluation form. Statistics used to analyze the data were Percentage, Mean, and Standard Deviation. The hypothesis was tested by t-test (Dependent Samples).

The research results were as follows:

Phase 1: Results of exploring the learning problems in learning science, it was found that most of the learning activities took the teacher as the center of knowledge transfer, focused on lecturing and students to memorize, and take notes, focused on content rather than skill training. Therefore, the students had little chance to do the activities by themselves, and less integration with other subjects. Students can conduct experiments according to the procedures in the textbook but cannot ask questions or problems from what they have observed, which is the starting point of seeking scientific knowledge. In addition, students lacked interaction with peers in the classroom and lacked self-confidence. They don't dare to ask questions, think, or design new things that are different from existing things or examples in textbooks. They tend to have similar ideas and lack initiative and new ideas.

Phase 2: Results of the development of learning management based on the STEAM education concept by producing work pieces from waste materials of grade 1/8 students who were in the experimental group (Try Out) were effective in terms of processes and results (E_1/E_2). It was divided into 2 aspects, the integrated science process skill was 81.07/80.24 and the scientific creativity was 82.14/81.08, which meets the established criteria of 80/80.

Phase 3: The results of implementing the innovation to solve learning problems, the comparison of scientific creativity before and after implementing learning management based on the STEAM education concept by producing work pieces from Waste Materials found that the students' scientific creativity after the implementation was statistical significance higher than before that at the .05 level.

Phase 4: Results of evaluation of innovation used in solving learning problems for grade 7 students who studied through learning management based on STEAM education concept by producing work pieces from waste materials was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.59)

Keyword : Science Process Skills Integrated, Scientific Creativity Thinking, STEAM Education, Pieces from Waste Materials

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร แถวโนนงิ้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร กทิศาสตร์ และรองศาสตราจารย์ ดร. บังอร กองอิ้ม เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.ตวัญจ์ลักษณ์ พวงนิล, คุณครูรุ่งระวี ศิริบุญนาม, คุณครูพงษ์ลดา กาญจนปภากูล, คุณครูพัฒนพงษ์ จันทร์สว่าง และคุณครูสุภาวดี พันแซง ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะครู โรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่อนุเคราะห์ในการทดลอง และเก็บรวมรวบข้อมูลในการวิจัย และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทุกคน ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่เสียสละ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริมคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน ชี้แนะแนวทางการศึกษาผู้วิจัยมาโดยตลอดจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ประภาพร เทียมเพ็ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ช

กิตติกรรมประกาศ ..... ญ

สารบัญ ..... ฎ

สารบัญตาราง ..... ฑ

สารบัญภาพประกอบ ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

สมมติฐาน 5

ความสำคัญของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

กรอบแนวคิดวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 12

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสารคามพิทยาคม 21

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษา 27

วัสดุเหลือใช้ 36

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 37

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 43

การวัด และประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 52
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 55
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 78
งานวิจัยในประเทศ 78
งานวิจัยต่างประเทศ 81
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 83
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 83
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 84
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 85
การเก็บรวบรวมข้อมูล 98
การวิเคราะห์ข้อมูล 102
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 103
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย 108
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 108
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 109
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 109
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 124
ความมุ่งหมายของการวิจัย 124
สรุปผล 125
อภิปรายผล 126
ข้อเสนอแนะ 130
บรรณานุกรม 131
ภาคผนวก 139

ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 140
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 169
ภาคผนวก ค แบบประเมินการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 207
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 212
ภาคผนวก จ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 227
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพประกอบงานวิจัย 237
ภาคผนวก ช หนังสือขอความอนุเคราะห์ 241
ประวัติผู้เขียน 248

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 15

ตาราง 2 โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 22

ตาราง 3 ผลการสรุป และสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา 34

ตาราง 4 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 89

ตาราง 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช 92

ตาราง 6 การวางแผนดำเนินงาน 98

ตาราง 7 ผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 114

ตาราง 8 ผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 114

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 115

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ก่อนเรียนและหลังเรียน 117

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ก่อนเรียนและหลังเรียน 117

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 1 118

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 2 119

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 121

ตาราง 15 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 213

ตาราง 16 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 216

ตาราง 17 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 219

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก รายข้อของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 221

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ข้อที่คัดเลือกไว้ใช้ 223

ตาราง 20 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 224

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่คัดเลือกไว้ใช้ 224

ตาราง 22 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน ตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ (Torrance) 225

ตาราง 23 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 226

ตาราง 24 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (Try Out) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน 228

ตาราง 25 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน 230

ตาราง 26 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (Try Out) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน 232

ตาราง 27 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน 234

ตาราง 28 คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 1 236

ตาราง 29 คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 2 236

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 10

ภาพประกอบ 2 แสดงกรอบแนวคิด STEAM 31

ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM) 60

ภาพประกอบ 4 แสดงแบบสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้โดยบรรจุลงเซลล์ของแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด 67

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างชิ้นงานกระบะเพาะเมล็ด 119

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลองโรงเรือน 120

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ไว้ทั้งหมด 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกันตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิด และนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันท่วงที ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบ และวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมั่น ยึดถือ และศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ 21 อย่างมีคุณค่า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบไปด้วย ด้านที่ 1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ด้านที่ 3 ทักษะการคิด

เชิงคำนวณ และด้านที่ 4 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยทักษะสำคัญในการสอนที่จะทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะ และกระบวนการคิดก็คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้แบ่งประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 14 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต (Observing) การวัด (Measuring) การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) การจำแนกประเภท (Classifying) การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา (Relationship of Space and Time) การใช้จำนวน (Using Number) การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communicating Data) การพยากรณ์ (Predicting) การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) การทดลอง (Experimenting) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion) และการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1 - 8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9 - 13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง หรือขั้นผสม หรือขั้นบูรณาการ

นอกจากนี้ แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ได้วางเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) ประกอบด้วยทักษะ และคุณลักษณะต่อไปนี้ 3Rs ได้แก่ การอ่านออก (Reading) การเขียนได้ (Writing) และการคิดเลขเป็น (Arithmetics) 8Cs ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (Cross–cultural Understanding) ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership) ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information and Media Literacy) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ (Career and Learning Skills) และความมีเมตตา กรุณา มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม (Compassion) อีกทั้ง กระทรวงศึกษาธิการ (2562) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้ในมาตรฐานการศึกษาชาติ คุณภาพผู้เรียน มาตรฐานที่ 4 คือ ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ ความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการ

ขับเคลื่อนความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์สามารถส่งเสริมหรือพัฒนาได้ (สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธณ์, 2535) กล่าวได้ว่าทักษะความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่มีความจำเป็นอย่างมากในศตวรรษที่ 21 ที่จะทำให้เราสามารถผลิตงานเชิงสร้างสรรค์หรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2557) โดยในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องคำถึงถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งจากการสังเกตสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง แต่ยังไม่สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้าสู่วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูยังเป็นผู้ที่คอยกำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ และใช้วิธีการสอนในรูปแบบเดิม ๆ ซ้ำ ๆ ทำให้นักเรียนไม่เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งนักเรียนไม่กล้าแสดงออก ไม่มีความกระตือรือร้นในการพยายามหาคำตอบด้วยตัวเอง ขาดทักษะในการคิดริเริ่มการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และขาดทักษะในการสร้างสรรค์ผลงาน ดังนั้นการที่จะส่งเสริม และพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้าจำเป็นต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาให้มีคุณภาพ ปัจจัยที่ช่วยให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เกิดประสิทธิผลตามจุดมุ่งหมาย คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ในด้านเนื้อหา และมีการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนจากการถ่ายทอดความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ซึ่งจากการศึกษาแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) พบว่าเป็นรูปแบบการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาจากวิชาวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ มีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งมีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งสามารถจัดโครงสร้างเป็นกรอบโดยการวางแผนหลักสูตรบูรณาการ (Yakman, 2008)

การจัดการศึกษาแบบบูรณาการ STEAM EDUCATION เป็นการเรียนรู้ที่สอดประสานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ไว้อย่างลงตัว สะท้อนให้เห็นถึงองค์ความรู้ความเข้าใจ การสื่อสาร ทักษะกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน เน้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการแก้ปัญหาผ่านการค้นคว้าหาข้อมูล การคิด การวางแผน การร่วมมือ และแก้ไขปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติจริงในประเด็นปัญหาที่สร้างสรรค์ ท้าทาย แปลกใหม่ และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ผลงานและผลผลิตตลอดจนนวัตกรรมออกมาเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ (สุภัค โอฬาพิริยกุล, 2562) ศิลปะมีบทบาทและมีความสำคัญกับมนุษย์มาตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าศิลปะ

เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยพัฒนาสมอง คิดอย่างเป็นองค์รวม คิดยืดหยุ่น หน่วยความจำระยะยาว ความคิดสร้างสรรค์ และช่วยให้การเรียนการสอนในวิชาสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ (บุญยนุช สิทธาจารย์, 2560) สอดคล้องกับผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยโดยการจัดกิจกรรมศิลปะจากเศษวัสดุ พบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมศิลปะจากเศษวัสดุมีคะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์คิดเป็นร้อยละ 84.04 ได้คะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจากน้อยไปหามากเป็นรายด้านของความคิดละเอียดลออ ร้อยละ 81.54 เด็กปฐมวัยที่รับการจัดกิจกรรมศิลปะจากเศษวัสดุมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (บุญเหลือ แก้วอ่อน, 2559) และการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผ่านการศึกษาเสื้อผ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างความตระหนักในเรื่องสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนได้รับรู้ถึงปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ จำแนก และสามารถทดสอบสมบัติของเส้นใยเสื้อผ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ฉันทนา เชาว์ปรีชา, 2562) สอดคล้องกับปฏิญญาสากลเบลเกรด (Belgrade Charter) ของ UNESCO ซึ่งการจัดกิจกรรมทางกายต้องอาศัยสื่อจากวัสดุเหลือใช้เป็นหลัก และกิจกรรมที่จัดให้เด็กต้องลงมือปฏิบัติถึงจะเกิดการพัฒนา ด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม และสติปัญญา (ชนิตา อิศรเสนา, 2561)

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น จึงนำมาสู่การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อเป็นการเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดของนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม

2. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

4. เพื่อศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

สมมติฐาน

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ครูผู้สอนมีแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

2. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

ตัวแปรตาม คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน เพื่อสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม แล้วสุ่มห้องเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้อง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 42 คน และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา เพื่อดำเนินการพัฒนา และหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ 80/80 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่สร้างขึ้น

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2 แผน เวลา 12 ชั่วโมง

4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาของรายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเพิ่มเนื้อหาวิชาศิลปะร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในแต่ละเนื้อหาสาระสามารถเชื่อมโยง สนับสนุนซึ่งกันและกัน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ได้กำหนดขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้น ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช และร่วมกันระบุปัญหา เงื่อนไขจากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ

1.2 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล แนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสม เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะในการออกแบบนวัตกรรม โดยออกแบบชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

1.4 วางแผน และดำเนินการ เป็นการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหา โดยกำหนดเป้าหมาย ระยะเวลาในการดำเนินงาน จากนั้นดำเนินการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อใช้ทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

1.5 ทดสอบ และนำเสนอ เป็นขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการแก้ปัญหา และให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทดสอบ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็นของนักเรียนในห้องเรียน

1.6 ประเมิน และปรับปรุง เป็นการจัดแสดงต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่ได้พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาเพื่อประเมินผลการใช้งาน โดยนักเรียนสะท้อนความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วัสดุเหลือใช้

วัสดุเหลือใช้ หมายถึง วัสดุต่าง ๆ ที่เหลือจากการใช้อุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) วัสดุจากธรรมชาติ 2) พลาสติก 3) แก้ว 4) กระดาษ และ 5) โลหะ แล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยใช้วัสดุเหลือใช้ตามขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด

3. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการ และผลลัพธ์ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 80/80

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการบูรณาการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้

4.1 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบของปัญหาอย่างมีเหตุผลก่อนที่จะลงมือทำการศึกษา หรือทดลองเพื่อค้นหาคำตอบที่แท้จริงของปัญหา

4.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายของคำ หรือข้อความที่ใช้ในการศึกษา หรือทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันก่อนลงมือทำการทดลอง

4.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การระบุ และควบคุมสิ่งที่เป็นสาเหตุและผลของการศึกษา หรือการทดลอง

4.4 การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาคำตอบจากสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นในการศึกษา หรือการทดลอง

4.5 การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมาย และการบรรยายผลการศึกษาเพื่อให้คนอื่นเข้าใจว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เป็นการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ คือ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ทั้งหมด 5 ทักษะ จำนวนทักษะละ 4 ข้อ รวมแบบทดสอบทั้งฉบับจำนวน 20 ข้อ

5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหาต่าง ๆ รอบตัวโดยใช้หลักการ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่ผลผลิตของความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Torrance ได้แก่

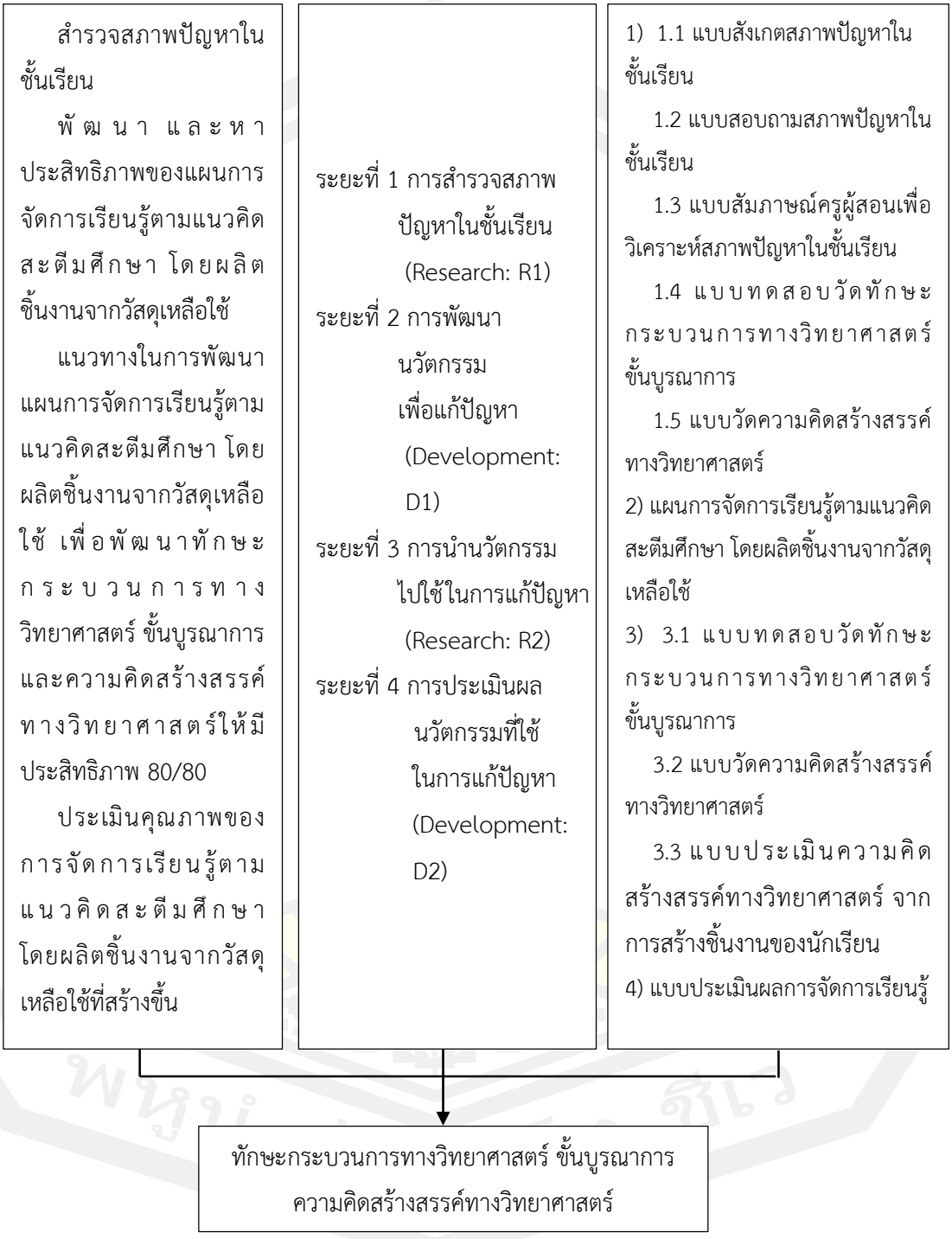
5.1 ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความสามารถในการคิดสิ่งง่าย ๆ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับความคิดคนอื่น หรือเกิดจากความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วดัดแปลงเป็นสิ่งใหม่

5.2 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้มากที่สุด หรือคิดหาคำตอบได้ชัดเจน และตรงประเด็นมากที่สุดในเวลาจำกัด

5.3 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลากหลาย ปรับเปลี่ยนสภาพความคิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 3 ข้อ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

กรอบแนวคิดวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอผลการศึกษาตามลำดับ ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
    1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
    1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    1.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสารคามพิทยาคม
    2.1 คำอธิบายรายวิชา
    2.2 โครงสร้างรายวิชา
3. แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษา
    3.1 ความหมายของแนวคิดสะตีมศึกษา
    3.2 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา
    3.3 องค์ประกอบของแนวคิดสะตีมศึกษา
    3.4 แนวคิดและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
4. วัสดุเหลือใช้
    4.1 ความหมายของวัสดุเหลือใช้
    4.2 ประเภทของวัสดุเหลือใช้
5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
    5.1 ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
    5.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ
    5.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ
6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    6.1 ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    6.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.3 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.4 การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

7.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

7.2 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

7.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

7.4 แนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

7.5 การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ โดยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางเทคโนโลยี

1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) มีเป้าหมายที่สำคัญ คือ ให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎี กฎต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตได้

2. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้จัดทำสาระและมาตรฐานการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขึ้นเพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยกำหนดสาระสำคัญไว้ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กำหนดสาระสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 สาระ คือ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหา เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ซึ่งเป็นเนื้อหาในสาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

3. ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 1.1	-	-
ว 1.2	1. เปรียบเทียบรูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของเซลล์พืช และเซลล์สัตว์ รวมทั้งบรรยายหน้าที่ของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม ไมโทคอนเดรีย นิวเคลียส แวคิวโอล และคลอโรพลาสต์ 2. ใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงศึกษาเซลล์ และโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์	เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต บางชนิดมีเซลล์เพียงเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยีสต์ บางชนิดมีหลายเซลล์ เช่น พืช สัตว์ โครงสร้างพื้นฐานที่พบทั้งในเซลล์พืช และเซลล์สัตว์ และสามารถสังเกตได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส โครงสร้างที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ได้แก่ ผนังเซลล์ และคลอโรพลาสต์ โครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์มีหน้าที่แตกต่างกัน - ผนังเซลล์ ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ - เยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่ห่อหุ้มเซลล์และควบคุมการลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ - นิวเคลียส ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ - ไซโทพลาซึม มีออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน - แวคิวโอล ทำหน้าที่เก็บน้ำและสารต่าง ๆ - ไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงานแก่เซลล์ - คลอโรพลาสต์ เป็นแหล่งที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง

ตาราง 1 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างกับการทำหน้าที่ของเซลล์	เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีรูปร่าง ลักษณะหลากหลายและมีความเหมาะสมกับหน้าที่ของเซลล์นั้น เช่น เซลล์ประสาทส่วนใหญ่มีเส้นใยประสาทเป็นแขนงยาวนำกระแสประสาทไปยังเซลล์อื่น ๆ ที่อยู่ไกล เซลล์ขนรากเป็นเซลล์ผิวของราก มีผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ยื่นยาวออกมา คล้ายขนเส้นเล็ก ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำ และธาตุอาหาร
	4. อธิบายการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ จนเป็นสิ่งมีชีวิต	พืชและสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์มีการจัดระบบ โดยเริ่มจากเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะและสิ่งมีชีวิตตามลำดับ เซลล์หลายเซลล์มารวมกันเป็นเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อหลายชนิดมารวมกัน และทำงานร่วมกันเป็นอวัยวะ อวัยวะต่าง ๆ ทำงานร่วมกันเป็นระบบอวัยวะ ระบบอวัยวะทุกระบบทำงานร่วมกันเป็นสิ่งมีชีวิต
	5. อธิบายกระบวนการแพร่และออสโมซิสจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และยกตัวอย่างการแพร่ และออสโมซิสในชีวิตประจำวัน	เซลล์มีการนำสารเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์และมีการขจัดสารบางอย่างที่เซลล์ไม่ต้องการออกนอกเซลล์ การนำสารเข้าและออกจากเซลล์มีหลายวิธี เช่น การแพร่เป็นการเคลื่อนที่ของสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ ส่วนออสโมซิส เป็นการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากด้านที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปยังด้านความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่า

ตาราง 1 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	6. ระบุปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์จำเป็นต้องใช้แสง คลอโรฟิลล์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ผลผลิตที่ได้ได้แก่ น้ำตาล และแก๊สออกซิเจน
	7. อธิบายความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นกระบวนการเดียวที่สามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน
	8. ตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม โดยการร่วมกันปลูก และดูแลรักษาต้นไม้ในโรงเรียนและชุมชน	ในรูปสารประกอบอินทรีย์และเก็บสะสมในรูปแบบต่าง ๆ ในโครงสร้างของพืช พืชจึงเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตอื่น นอกจากนี้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงยังเป็นกระบวนการหลักในการสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับบรรยากาศเพื่อให้สิ่งมีชีวิตอื่นใช้ในกระบวนการหายใจ
	9. บรรยายลักษณะและหน้าที่ของไซเล็ม และโฟลเอ็ม 10. เขียนแผนภาพที่บรรยายทิศทางการลำเลียงสารในไซเล็มและโฟลเอ็มของพืช	พืชมีไซเล็มและโฟลเอ็ม ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อมีลักษณะคล้ายท่อเรียงตัวกันเป็นกลุ่มเฉพาะที่โดยไซเล็มทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร มีทิศทางลำเลียงจากรากไปสู่ลำต้น ใบ และส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงกระบวนการอื่น ๆ ส่วนโฟลเอ็มทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมีทิศทางลำเลียงจากบริเวณที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช

ตาราง 1 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	11. อธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอก 12. อธิบายลักษณะโครงสร้างของดอกที่มีส่วนทำให้เกิดการถ่ายเรณู รวมทั้งบรรยายการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด การกระจายเมล็ด และการงอกของเมล็ด	พืชดอกทุกชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ และบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่มีการผสมกันของสเปิร์มกับเซลล์ไข่ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกเกิดขึ้นที่ดอกโดยภายในอับเรณูของส่วนเกสรเพศผู้มีเรณูซึ่งทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม ภายในออวุลของส่วนเกสรเพศเมียมีถุงเอ็มบริโอ ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่พืชต้นใหม่
	13. ตระหนักถึงความสำคัญของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชดอกโดยการไม่ทำลายชีวิตของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณู	ไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับเซลล์ไข่แต่เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ มีการเจริญเติบโต และพัฒนาขึ้นมาเป็นต้นใหม่ได้ การถ่ายเรณู คือการเคลื่อนย้ายของเรณูจากอับเรณูไปยังยอดเกสรเพศเมีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะและโครงสร้างของดอก เช่น สีของกลีบดอก ตำแหน่งของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย โดยมีสิ่งที่ช่วยในการถ่ายเรณู เช่น แมลง ลม การถ่ายเรณูจะนำไปสู่การปฏิสนธิซึ่งเกิดขึ้นที่ถุงเอ็มบริโอภายในออวุล หลังการปฏิสนธิจะได้ไซโกต และเอนโดสเปิร์ม ไซโกตจะพัฒนาต่อไปเป็นเอ็มบริโอ ออวุลพัฒนา

ตาราง 1 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ไปเป็นเมล็ด และรังไข่พัฒนาเป็นผล เมื่อเมล็ดไปตกในภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของเมล็ด โดยเอ็มบริโอภายในเมล็ดจะเจริญออกมา โดยระยะแรกจะอาศัยอาหารที่สะสมภายในเมล็ด จนกระทั่งใบแท้พัฒนา จนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่และสร้างอาหารได้เองตามปกติ
	14. อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตของพืช 15. เลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะกับพืชในสถานการณ์	พืชต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นหลายชนิดในการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิต พืชต้องการธาตุอาหารบางชนิดในปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ซึ่งในดินอาจมีไม่เพียงพอ จึงต้องมีการให้ธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยกับพืชอย่างเหมาะสม
	16. เลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของพืช 17. อธิบายความสำคัญของเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ในการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ 18. ตระหนักถึงประโยชน์ของการขยายพันธุ์พืชโดยการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	มนุษย์สามารถนำความรู้ เรื่องการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ มาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนพืช เช่น การใช้เมล็ดที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาเพาะเลี้ยงจะได้พืชในปริมาณมากแต่อาจมีลักษณะที่แตกต่างไปจากพ่อแม่ ส่วนการตอนกิ่ง การปักชำ การต่อกิ่ง การติดตา การทาบกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นการนำความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชมาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อให้ได้พืชที่มีลักษณะเหมือนต้นเดิมซึ่งการขยายพันธุ์แต่ละวิธีมีขั้นตอนแตกต่างกันจึงควรเลือกให้

ตาราง 1 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยต้องคำนึงถึงชนิดของพืช และลักษณะการสืบพันธุ์ของพืช เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในการเพิ่มจำนวนพืช และทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในหลอดทดลอง ซึ่งจะได้พืชจำนวนมากในระยะเวลาสั้น และสามารถนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาประยุกต์ เพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การผลิตยาและสารสำคัญในพืช และอื่น ๆ ไปเป็นเมล็ด และรังไข่พัฒนาเป็นผล เมื่อเมล็ดไปตกในภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของเมล็ด โดยเอ็มบริโอภายในเมล็ดจะเจริญออกมา โดยระยะแรกจะอาศัยอาหารที่สะสมภายในเมล็ด จนกระทั่งใบแท้พัฒนา จนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่และสร้างอาหารได้เองตามปกติ
ว 1.3	-	-

งานวิจัยนี้มีขอบเขตเนื้อหา หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ซึ่งตรงกับมาตรฐาน ว 1.2 ตัวชี้วัดที่ 1 - 18 ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 เรื่อง คือ เรื่องที่ 1 การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช เรื่องที่ 2 การเจริญเติบโตของพืช (การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ธาตุอาหารของพืช และการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช)

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1. คำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

ความสำคัญ และความหมายของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมบัติของสารบริสุทธิ์ จุดเดือดและจุดหลอมเหลว ความหนาแน่น การจำแนก และองค์ประกอบของสารบริสุทธิ์ การจำแนกสารบริสุทธิ์ โครงสร้างอะตอม การจำแนกธาตุและการใช้ประโยชน์ เซลล์ การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าออกเซลล์ การแพร่ ออสโมซิส การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืชดอก การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยของเพศของพืชดอก การขยายพันธุ์พืชดอก การสังเคราะห์ด้วยแสง ปัจจัยและผลผลิตของการสังเคราะห์แสง การลำเลียงน้ำ ธาตุอาหารและอาหารของพืช ธาตุอาหารของพืช การลำเลียงในพืช โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิดความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งเรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจการแก้ปัญหา นำความรู้ เทคโนโลยี ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

2. โครงสร้างรายวิชา

โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 กำหนดเวลาเรียนทั้งหมด จำนวน 60 ชั่วโมง/ภาคเรียน จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 คาบ/สัปดาห์) ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ได้กำหนดโครงสร้างรายวิชาไว้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
โรงเรียนสารคามพิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน /ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระ	จำนวนชั่วโมง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การดำรงชีวิตของพืช			
บทที่ 1 การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืชดอก	ว 1.2 ม 1/11 อธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอก ว 1.2 ม 1/12 อธิบายลักษณะของโครงสร้างของดอกที่มีส่วนทำให้เกิดการถ่ายเรณู รวมทั้งบรรยายการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด การกระจายเมล็ด และการงอกของเมล็ด ว 1.2 ม 1/1 ตระหนักถึงความสำคัญของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณู ของพืชดอก โดยไม่ทำลายชีวิตของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณู	พืชดอกทุกชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ และบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่มีการผสมกันของสเปิร์มกับเซลล์ไข่ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกเกิดขึ้นที่ดอกโดยภายในอับเรณูของส่วนเกสรเพศผู้มีเรณูซึ่งทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม ภายในออวุลของส่วนเกสรเพศเมียมีถุงเอ็มบริโอ ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่พืชต้นใหม่ไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับเซลล์ไข่แต่เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ มีการเจริญเติบโต และพัฒนาขึ้นมาเป็นต้นใหม่ได้ การถ่ายเรณู คือ การเคลื่อนย้ายของเรณูจากอับเรณูไปยังยอดเกสรเพศเมียซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะ และโครงสร้างของดอก เช่น สีของกลีบดอก ตำแหน่งของเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย โดยมีสิ่งที่ช่วยในการถ่ายเรณู เช่น แมลง ลม การถ่ายเรณูจะนำไปสู่การปฏิสนธิ	7

ตาราง 2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน /ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระ	จำนวนชั่วโมง
	ว 1.2 ม 1/16 เลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของพืช ว 1.2 ม1/17 อธิบายความสำคัญของเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ว 1.2 ม1/18 ตระหนักถึงประโยชน์ของการขยายพันธุ์พืชโดยการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	ซึ่งจะเกิดขึ้นที่ถุงเอ็มบริโอภายในออวุล หลังการปฏิสนธิจะได้ไซโกต และเอนโดสเปิร์ม ไซโกตพัฒนาต่อไปเป็นเอ็มบริโอ ออวุลพัฒนาไปเป็นเมล็ด และรังไข่พัฒนาไปเป็นผล ผลและเมล็ดมีการกระจายออกจากต้นเดิม โดยวิธีการต่าง ๆ เมื่อเมล็ดไปตกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของเมล็ด โดยเอ็มบริโอภายในเมล็ดจะเจริญออกมา โดยระยะแรกจะอาศัยอาหารที่สะสมภายในเมล็ด จนกระทั่งใบแท้พัฒนา จนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่ และสร้างอาหารได้เองตามปกติ มนุษย์สามารถนำความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศมาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนพืช เช่น การใช้เมล็ดที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาเพาะเลี้ยงวิธีการนี้จะได้พืชในปริมาณมาก แต่อาจมีลักษณะที่แตกต่างไปจากพ่อแม่ส่วนการตอนกิ่ง การปักชำ การต่อกิ่ง การติดตา การทาบกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการนำความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชมาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อให้ได้พืชที่มีลักษณะเหมือนต้นเดิม	

ตาราง 2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน /ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระ	จำนวนชั่วโมง
		ซึ่งการขยายพันธุ์แต่ละวิธีมีขั้นตอนแตกต่างกัน จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยคำนึงถึงชนิดของพืช และลักษณะการสืบพันธุ์ของพืช เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในการเพิ่มจำนวนพืช และทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในหลอดทดลอง ซึ่งจะได้พืชจำนวนมากในระยะเวลาสั้น และสามารถนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาประยุกต์เพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจการผลิตยา และสารสำคัญในพืช	
บทที่ 2 การสังเคราะห์ด้วยแสง	ว 1.2 ม 1/6 ระบุปัจจัยที่จำเป็นในการด้วยแสง และผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ จำเป็นต้องใช้แสงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คลอโรฟิลล์ และน้ำ ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ น้ำตาล และแก๊สออกซิเจน กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นกระบวนการเดียวที่สามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูป	6

ตาราง 2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน /ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระ	จำนวนชั่วโมง
	ว 2.1 ม 1/7 อธิบายความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	สารประกอบอินทรีย์และเก็บสะสมในรูปแบบต่าง ๆ ในโครงสร้างของพืช พืชจึงเป็นแหล่งอาหาร และพลังงานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตอื่น นอกจากนี้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงยังเป็นกระบวนการหลักในการสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับบรรยากาศเพื่อให้สิ่งมีชีวิตอื่น ใช้ในกระบวนการหายใจ	
บทที่ 3 การลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารของพืช	ว 2.1 ม 1/8 ตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม โดยการร่วมกันปลูก และดูแลรักษาต้นไม้ในโรงเรียนและชุมชน ว 2.1 ม 1/9 บรรยายลักษณะ และหน้าที่ของไซเล็มและโฟลเอ็ม ว 2.1 ม 1/10 เขียนแผนภาพที่บรรยายทิศทางการลำเลียงสารในไซเล็ม และโฟลเอ็มของพืช	พืชมีไซเล็ม และโฟลเอ็ม ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อมีลักษณะคล้ายท่อเรียงตัวกันเป็นกลุ่มเฉพาะที่โดยไซเล็มทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ และธาตุอาหาร มีทิศทางลำเลียงจากรากไปสู่ลำต้น ใบ และส่วนต่าง ๆ ของพืช เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงรวมถึงกระบวนการอื่น ๆ ส่วนโฟลเอ็มทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมีทิศทางลำเลียงจากบริเวณที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช พืชต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นหลายชนิดในการเจริญเติบโต และดำรงชีวิต พืชต้องการธาตุอาหารบางชนิดในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ซึ่งในดินอาจมีไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช จึงต้องมี	7

ตาราง 2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน /ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระ	จำนวนชั่วโมง
	ว 2.1 ม1/ 14 อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของพืช ว 2.1 ม1/15 เลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะสมกับพืชในสถานการณ์ที่กำหนด	การให้ธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยกับพืชอย่างเหมาะสม	
	รวม		20

จากตาราง 2 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้กำหนดหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด เนื้อหาสาระ และจำนวนชั่วโมงเวลาเรียนไว้ทั้งหมด จำนวน 20 ชั่วโมง ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด เนื้อหาสาระและจำนวนชั่วโมงในการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษาที่ได้กำหนดไว้

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษา

การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษา ได้นำเสนอประเด็นที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การวิจัย ตามลำดับ ดังนี้

1. ความหมายของแนวคิดสะตีมศึกษา

Yakman (2008) กล่าวว่า STEAM EDUCATION เป็นรูปแบบการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาจากวิชาวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ มีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งมีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ประกอบด้วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) บนพื้นฐานการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดย “A” หรือวิชากลุ่มศิลปะที่บูรณาการเพิ่มเข้ามาหมายรวมถึง ศิลปกรรม ภาษาวรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ด้วย ซึ่งสามารถจัดโครงสร้างเป็นกรอบโดยการวางแผนหลักสูตรบูรณาการ

Riley (2014) กล่าวว่า สะตีมศึกษา คือแนวคิดทางการศึกษา (Education Approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และศิลปะ เพื่อเป็นแนวทางนำให้ผู้เรียนไปสู่กระบวนการสืบสอบ การอภิปราย และการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้แล้ว การเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนตลอดเวลา ควรมีการวางแผนแบบร่วมมือ รวมทั้งควรสร้าง และปรับบทเรียนให้เชื่อมโยงมีการนำเนื้อหาวิชามาบูรณาการกันผ่านผลงานที่แสดงออก และควรมีการประเมินตามสภาพจริง

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กล่าวถึง STEAM ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำศิลปะมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

สุภัค โอฬาพิริยกุล (2562) กล่าวว่า STEAM EDUCATION เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำ และพัฒนาทักษะต่าง ๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง และบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต

จากการศึกษาความหมายของแนวคิดสะตีมศึกษา สรุปได้ว่า สะตีมศึกษา (STEAM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเพิ่มเนื้อหาวิชาศิลปะร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละเนื้อหาสาระสามารถเชื่อมโยง สนับสนุนซึ่งกันและกัน

2. ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กล่าวถึงจุดเริ่มต้นของแนวคิด STEAM Education ซึ่งพัฒนาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) เป็นผู้ริเริ่มใช้คำดังกล่าว ซึ่งทั้งสี่สาขาวิชาที่กล่าวมาข้างต้นนั้นแต่ก่อนโดยทั่วไปแล้วนั้นจะจัดการเรียนการสอนแยกตามสาระวิชา ซึ่งต่างจากหลักการของสะเต็ม (STEM Education) นั้นจะนำสาระหรือสาขาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา มาบูรณาการเป็นส่วนหนึ่งในการจัดเรียนการสอนโดยการใช้เทคโนโลยี หรือผสมผสานเทคโนโลยีในบางส่วน โดยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และหาวิธีใหม่ในการแก้ปัญหา และนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้

สะตีมศึกษา (STEAM Education) มีที่มาจากผลการศึกษาและการวิจัยของเยคเมน (Yakman, 2008) โดยมีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งมีเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการอย่างมีเป้าหมาย 4 ด้าน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยสะตีมศึกษา (STEAM Education) ได้เพิ่มตัวอักษร A ศิลปะ (Arts) เข้ากับ STEM Education กลายเป็น STEAM Education ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ ทักษะในทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematic)

ในปี ค.ศ. 2016 ประเทศไทยได้นำแนวคิดสะตีมศึกษามาพัฒนาเป็นหลักสูตรวิทยาศาสตร์ STEM+A โดยสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหิดล และ Imagineering Education หลักสูตร STEM+A เน้นให้ผู้เรียนฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ และการสร้างนวัตกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียน เป็นนักคิด นักประดิษฐ์ที่สามารถสร้างนวัตกรรมได้อย่างเหมาะสมสามารถตอบโจทย์ Thailand 4.0 หลักสูตร STEM+A เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่พบจริงเพื่อนำความรู้ไปแก้ปัญหา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และต่อยอดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ (วรรณพงศ์ เตรียมโพธิ์, 2559)

3. องค์ประกอบของแนวคิดสะตีมศึกษา

Yakman (2008) ได้ให้คำจำกัดความ และการจำแนกองค์ประกอบของสะตีมศึกษาไว้ 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนรู้สิ่งที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ และได้มีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ คือ ฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี ธรณีศาสตร์ วิทยาศาสตร์อวกาศ และชีวเคมี

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นสังคมการออกแบบ ซึ่งเป็นความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี

3. วิศวกรรม (Engineering) คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ และตรรกะที่ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีเป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงเพื่อสร้างผลงานให้กับโลก

4. คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ การเรียนรู้ตัวเลข และการดำเนินงานพีชคณิต เรขาคณิตการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การใช้เหตุผล และการพิสูจน์การสื่อสาร (รวมถึงตรีโกณมิติแคลคูลัสและทฤษฎี)

5. ศิลปะ (Art) คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาสังคม ผลกระทบ การสื่อสาร และการทำความเข้าใจกับทัศนคติ และประเพณีในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต

สิรินทร์ ลัดดา กลมบุญเชิดชู (2558) กล่าวถึงองค์ประกอบของแนวคิดสะตีมศึกษาสำหรับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ระดับปฐมวัยรูปแบบ STEM TO STEAM PLUS STREAM AND STEMM ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) ประกอบด้วยสาระในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์กายภาพ เช่น องค์ประกอบพื้นฐานของธรรมชาติโลก ดวงอาทิตย์ อวกาศ จักรวาล พื้นดิน แม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร และวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เช่น สิ่งมีชีวิต สรีรวิทยา และนิเวศวิทยา ฯลฯ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มสาระที่ควรเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยในเรื่องธรรมชาติรอบตัวและสิ่งแวดล้อมรอบตัวตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย 2546

2. เทคโนโลยี (Technology) ประกอบด้วยทักษะของการใช้ความรู้ ความคิด เครื่องมืออุปกรณ์ในการเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งเป็นการใช้ทักษะที่ควบคู่กับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ประกอบด้วยทักษะ และความคิดรวบยอดในกระบวนการที่นำไปสู่การปฏิบัติ การออกแบบ การแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ การเคลื่อนไหวผ่านชิ้นงาน ศิลปะ การประดิษฐ์ ฯลฯ

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) ประกอบด้วยทักษะและความคิดรวบยอดในการให้เหตุผล โดยให้เรียนรู้เกี่ยวกับจำนวน รูปร่าง รูปทรง ขนาด และคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ เช่น น้ำหนัก ความจุ ความสูง ฯลฯ ผ่านการใช้สื่อการเรียนรู้ของจริง และการสอนแบบเป็นรูปธรรม

5. ศิลปะ (Arts) ประกอบด้วยทักษะการคิดสร้างสรรค์ การรับรู้ความงาม ให้เด็กได้แสดงออกทางอารมณ์ ความรู้สึก และจินตนาการ เช่น การเขียนภาพ การปั้น การฉีกปะ การตัดปะ การพิมพ์ภาพการปั้น การร้อย การประดิษฐ์ ฯลฯ

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ประกอบด้วย

Science คือ ประวัติศาสตร์ธรรมชาติ สาระ แนวคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์: ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี ธรณีวิทยา ฟิสิกส์ และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพ และชีวการแพทย์

Technology คือ ธรรมชาติของเทคโนโลยี เทคโนโลยีกับสังคม การออกแบบประโยชน์จากเทคโนโลยีในโลก รวมถึงเทคโนโลยี: การเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสารข้อมูล การแพทย์ ไฟฟ้าและพลังงาน การผลิตและการขนส่ง

Engineering คือ การใช้เหตุผล หลักการ และการสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์: การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมี โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของเหลว อุตสาหกรรม และระบบวัสดุ เครื่องจักรกล สินแร่ นิวเคลียร์กองทัพเรือและมหาสมุทร

Arts คือ การสื่อสารการสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทัศนคติ และขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อจากอดีตสู่ปัจจุบัน และอนาคต: ทัศนศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม รวมทั้งการศึกษาประวัติศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา เทววิทยา ฯลฯ

Mathematic คือ ตัวเลข และการปฏิบัติ (คำนวณ): พีชคณิตแคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การสื่อสาร และการวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น และการดำเนินการแก้ปัญหา การมีเหตุผล และหลักฐานทฤษฎี

จากการศึกษาองค์ประกอบของหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา พบว่าประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ดังนี้ คือ 1) วิทยาศาสตร์ (Science) 2) เทคโนโลยี (Technology) 3) วิศวกรรม (Engineering) 4) คณิตศาสตร์ (Mathematic) และ 5) ศิลปะ (Art)

4. แนวคิดและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

Yakman (2008) ได้นำเสนอกรอบแนวคิด STEAM หรือพีระมิด STEAM ซึ่งแบ่งระดับขั้นของเนื้อหาและรูปแบบการใช้ ได้ดังนี้คือ

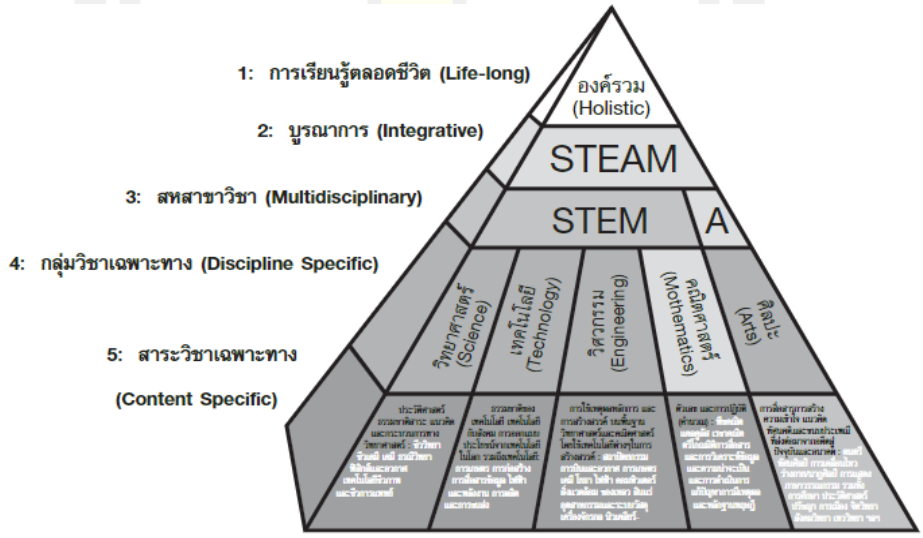
ขั้นที่ 1 Content Specific เป็นเนื้อหาสาระที่เฉพาะเจาะจงในรายละเอียด ซึ่งเป็นการศึกษาหลังระดับมัธยมศึกษาที่มีความเฉพาะทางมากกว่าทุกลำดับชั้นของปิรามิด

ขั้นที่ 2 Discipline Specific เป็นกลุ่มองค์ความรู้ที่แบ่งตามศาสตร์ การศึกษาขั้นพื้นฐานของศาสตร์ในแต่ละสาขา โดยเน้นศึกษาพื้นฐานของศาสตร์ ซึ่งเหมาะสำหรับระดับชั้นประถมศึกษา และมัธยมศึกษา

ขั้นที่ 3 Multidisciplinary เป็นการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชา ที่มุ่งเน้นการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในเชิงการใช้แนวคิด STEM เพื่อสร้างผลงานโดยที่แยกศิลปศาสตร์ออกอย่างชัดเจนหรือเป็นตัวเสริมแนวคิดหลัก มักจัดกิจกรรมโดยการผ่านการกำหนดหัวเรื่อง หรือโครงการ ซึ่งแนวทางในระดับชั้นนี้เหมาะสำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาในการปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 Integrative การบูรณาการ เป็นการเชื่อมโยงศาสตร์ทั้งแนวคิดของ STEM และ Arts เข้าด้วยกันโดยผ่านการลงมือปฏิบัติเป็นผลงานหรือเป็นหัวเรื่องที่ได้รับมอบหมาย เป็นการบูรณาการเนื้อหาสาระและวิธีสอนที่ให้ Arts มีบทบาทไม่น้อยไปกว่า STEM ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เด็กมองเห็นภาพในเชิงองค์รวมของสิ่งที่มีอยู่ ซึ่งเหมาะสำหรับระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษา

ขั้นที่ 5 Life-long Holistic การศึกษาแบบองค์รวมตลอดชีวิต เป็นขั้นที่มุ่งเน้นแนวคิดการเรียนรู้ของคนทุกเพศ ทุกวัยที่สามารถเรียนรู้แบบองค์รวมได้ด้วยตัวเอง



ภาพประกอบ 2 แสดงกรอบแนวคิด STEAM

ที่มา : วิสูตร โพธิ์เงิน (2560)

Yakman (2015) กล่าวว่า กระบวนการในการจัดการเรียนการสอนสะตีมศึกษามี 3 ขั้น ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 การนำเสนอเนื้อหา (Context Presentation) เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์หรือเรื่องราวต่าง ๆ กระตุ้นความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นขั้นที่นักเรียนได้สร้างกระบวนการคิด และพัฒนาด้วยวิธีการต่าง ๆ นักเรียนได้แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ ครูกระตุ้น ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมสร้างสรรค์อย่างอิสระ มุ่งเน้นประสบการณ์และกระบวนการผ่านการคิด และประดิษฐ์จนออกมาเป็นชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 การรับรู้ทางอารมณ์ (Emotion Touch) เป็นขั้นตอนที่นำเสนอผลงานจากประสบการณ์ในการทำงานทั้งหมด ตลอดจนมีความสุขเมื่อผลงานเสร็จ

Riley (2016) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered Classroom) โดยเน้นการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียน (Essential Question) มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครู และนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาของสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) เป็นขั้นตอนการหาองค์ประกอบที่สนับสนุนปัญหาหรือคำถาม สังเกตความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่น ๆ หรือสาเหตุของปัญหา รวมทั้งทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถาม

3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) คือการลงมือปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็น หรือวิธีการแก้ปัญหา ครูวิเคราะห์ความรู้ หรือทักษะที่นักเรียนยังขาดเพื่อสอนทักษะกระบวนการเหล่านั้นให้กับนักเรียน

4. ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) หลังจากนักเรียนเข้าใจปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเริ่มสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือองค์ประกอบของตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการ และความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สู่การปฏิบัติสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง

5. ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนมีการนำเสนอผลงาน แลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อรับฟังความคิดเห็นตามวิธีการแสดงออกของนักเรียนในห้อง ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการให้และรับข้อมูล

6. ขั้นประเมิน และปรับปรุง (Link) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง นักเรียนสามารถแก้ไขผลงานได้ตามต้องการ และสร้างสรรค์ให้ดียิ่งขึ้น

College of Engineering (2019) ได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์กำหนดไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุ และกำหนดปัญหา (Identify the Need) นักเรียนทบทวนขั้นตอนของการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งหารือเกี่ยวกับความต้องการสำหรับโครงการ กำหนดปัญหา และตรวจสอบข้อกำหนด และข้อจำกัดของโครงการ

2. ขั้นดำเนินการวิจัย (Research the Problem) นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเตอร์เน็ต งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาเพื่อสร้างแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. ขั้นระดมสมอง (Brainstorm Possible Solutions) นักเรียนร่วมกันสร้างแผงผังความคิด และระดมสมอง เพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้อย่างสร้างสรรค์ให้ได้มากที่สุด

4. ขั้นประเมิน (Engineering Analysis) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ไขปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมด เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด 1 แนวทางเพื่อใช้ดำเนินการสร้างสรรค์ชิ้นงานต่อไป

5. ขั้นสร้าง และทดสอบต้นแบบ (Construct a Prototype) นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และสร้างต้นแบบ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์การใช้วัสดุก่อสร้างที่มีอยู่ พร้อมทั้งนำเสนอต้นแบบชิ้นงานในชั้นเรียน

6. ขั้นดำเนินการประเมิน และผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Evaluate/Manufacture a Final Product) เมื่อนักเรียนได้ชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้ว นักเรียนจะต้องประเมินการออกแบบการผลิตชิ้นงาน คณะทำงาน วัสดุ อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ด้วย

เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ (2563) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน หรือ 6Ds คือ

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Define) ครูนำเข้าสู่กิจกรรม พร้อมกับใช้คำถามเพื่อกระตุ้น ใช้ตัวอย่างในชีวิตประจำวัน สร้างสถานการต่าง ๆ ให้ร่วมกันระดมความคิดเห็นเพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงปัญหาตามความต้องการของนักเรียน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล (Discover) ครูจัดลำดับเป้าหมาย และข้อจำกัด ศึกษาค้นคว้าหาเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์บริบทของการจัดการเรียนรู้ จัดลำดับจุดประสงค์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เลือก และสรุปแนวทางความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Distribute) ครูบูรณาการ โดยเป็นกระบวนการทำงานให้นักเรียนได้พบเป้าหมาย และใช้ในการอ้างอิงการประเมินผลด้วยการค้นคว้าวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล การเลือกวิธีแก้ปัญหาที่นักเรียนออกแบบเองด้วยการอธิบาย โดยใช้การร่างภาพ 2 มิติ หรือการร่างภาพ 3 มิติ การร่างภาพฉาย แบบจำลอง หรือแบบจำลองความคิด

ขั้นที่ 4 พัฒนา (Develop) ครูเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน รวมถึงออกแบบ และพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 การทดสอบ และประเมินผล (Decision) ครูประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลที่ได้อาจถูกนำมา ใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาตามวิธีการ และขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้

ขั้นที่ 6 การนำเสนอผลลัพธ์ (Display) คือ ครู และนักเรียนตรวจสอบประเมินค่าความสำเร็จของผลงานคือการสร้างผลิตภัณฑ์หรือสิ่งของเครื่องใช้ว่ามีค่าอยู่ระหว่างใด และพัฒนาอย่างไรให้ผลงานสมบูรณ์ยิ่งยิ่งขึ้นไป และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ของผลงานที่สร้างขึ้น

จากการศึกษาแนวคิด และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาของนักการศึกษาที่มีความหลากหลาย ตามวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมกระบวนการ และทักษะข้างต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลมาสรุป และสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการสรุป และสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ขั้นที่	**Yakman (2015)**	**Riley (2016)**	**College of Engineering (2019)**	**เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ (2563)**	**ผลการสังเคราะห์**
1	การนำเสนอเนื้อหา (Context Presentation)	ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)	ขั้นระบุ และกำหนดปัญหา (Identify the need)	การระบุปัญหา (Define)	ระบุปัญหา
2	การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design)	ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)	ขั้นดำเนินการวิจัย (Research the problem)	รวบรวมข้อมูล (Discover)	วิเคราะห์ปัญหา

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นที่	Yakman (2015)	Riley (2016)	College of Engineering (2019)	เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ (2563)	ผลการสังเคราะห์
3	การรับรู้ทางอารมณ์ (Emotion Touch)	ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)	ขั้นระดมสมอง (Brainstorm possible solutions)	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Distribute)	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4	-	ขั้นประยุกต์ใช้ (Application)	ขั้นประเมิน (Engineering analysis)	พัฒนา (Develop)	วางแผนและดำเนินการ
5	-	ขั้นการนำเสนอ (Presentation)	ขั้นสร้าง และทดสอบต้นแบบ (Construct a prototype)	การทดสอบและประเมินผล (Decision)	ทดสอบและนำเสนอ
6	-	ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)	ขั้นดำเนินการประเมิน (Evaluate/Manufacture a final Product)	การนำเสนอผลลัพธ์ (Display)	ประเมินและปรับปรุง

จากตาราง 3 ผลการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จากแนวคิดของ Yakman (2015), Riley (2016), College of Engineering (2019) และเอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ (2563) พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาของนักการศึกษาต่าง ๆ มีความสอดคล้องกัน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผน และดำเนินการ ขั้นที่ 5 ทดสอบ และนำเสนอ และขั้นที่ 6 ประเมิน และปรับปรุง

วัสดุเหลือใช้

1. ความหมายของวัสดุเหลือใช้

สิริพรรณ ตันติรัตน์ไพศาล (2545) กล่าวว่า วัสดุเหลือใช้ หมายถึง วัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว แต่สามารถนำกลับมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก

สมจินต์ มณูญศิลป์ (2547) กล่าวว่า วัสดุเหลือใช้ หมายถึง เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ เพราะนำวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ มาประกอบกันเป็นการลงทุนที่ถูก หรือไม่ต้องลงทุนเลย

เบญจา แสงมลิ และประดินันท์ อุปรมัย (2552) กล่าวว่า วัสดุเหลือใช้ หมายถึง สิ่งของต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์แล้ว มีส่วนที่เหลือทิ้งไว้ส่วนมากเมื่อได้ใช้ประโยชน์ของสิ่งนั้นแล้วก็มักจะทิ้งไปเลย ได้แก่ กลักไม้ขีดไฟ กล่องสบู่ หลอดด้าย หลอดกาแฟ ถ้วยไอศกรีม ไม้ไอศกรีม กระบอกข้าวหลาม ไม้ก้านธูป ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ เศษผ้า จุกไม้ก๊อก เศษเส้นลวด ด้ามไม้กวาด กระดาษห่อท๊อฟฟี่ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระป๋องแป้ง ขวดพลาสติก และเปลือกไข่

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า วัสดุเหลือใช้ หมายถึง วัสดุต่าง ๆ ที่เหลือจากการใช้อุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน แล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก

2. ประเภทของวัสดุเหลือใช้

กระทรวงศึกษาธิการ (2544) ได้กล่าวว่า วัสดุต่าง ๆ ที่มนุษย์นิยมนำมาใช้ในการทำกิจกรรม มีดังนี้

1. ไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติโดยทั่วไปแข็งแรงทนทาน

2. ผ้า ได้มาจากเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้ายลินิน ใยไหม หรือสังเคราะห์ขึ้นเอง เช่น ใยสังเคราะห์ ผ้ามีลักษณะนุ่มเหนียว นิยมนำมาทำของเล่น เช่น ตุ๊กตา กระเป๋า ถุงเท้า เสื้อผ้า หมอน เป็นต้น

3. พลาสติก เป็นสารสังเคราะห์ทางเคมี เป็นวัสดุที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ไม่หักแตกง่าย บางชนิดเหนียว บางชนิดแข็ง พลาสติกนิยมนำมาทำทั้งของเล่น และของใช้ เช่น ตุ๊กตา ขวดน้ำถ้วยพลาสติก เป็นต้น

4. กระดาษ เป็นวัสดุที่ทำมาจากเยื่อไม้ มีลักษณะที่บาง ขาดง่าย นิยมนำมาทำทั้งของเล่นและของใช้ เช่น ตุ๊กตากระดาษ กล่องกระดาษ เป็นต้น

5. ยาง เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ดี สามารถนำมาทำเป็นของเล่นของใช้ได้ เช่น ลูกโป่ง ยางลบ ยางรถยนต์ พื้นรองเท้า เป็นต้น

วรรณี วงศ์พานิชย์ (2546) ได้แบ่งวัสดุเหลือใช้ตามประเภท ดังนี้

1. วัสดุจากธรรมชาติ เช่น เศษไม้ เปลือกข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง เปลือกไข่ ขนสัตว์ เกล็ดปลา เป็นต้น

2. พลาสติก เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดน้ำเปล่า กระป๋องแป้ง เส้นพลาสติกรัดของ ถุงห่อขนม ถุง ขวดน้ำยาล้างจาน เป็นต้น

3. แก้ว เช่น ขวดแก้ว เครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ เครื่องดื่มชูกำลัง ขวดน้ำปลา เป็นต้น

4. โลหะ เช่น เศษเหล็กเส้นลวด นอต ตะปู สังกะสี กระป๋องนม เป็นต้น

5. กระดาษ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร กล่องกระดาษ ปฏิทิน เป็นต้น

6. ผ้าหรือเศษด้าย เช่น เศษผ้าไหม เศษผ้ายืด เศษผ้าฝ้าย เป็นต้น

7. ประเภทอื่น ๆ เช่น โฟม กระดุม เศษกระเบื้อง ขี้เลื่อย เป็นต้น

จากการศึกษาประเภทของวัสดุเหลือใช้ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) วัสดุจากธรรมชาติ 2) พลาสติก 3) แก้ว 4) กระดาษ และ 5) โลหะ

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้อธิบายว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลรวมของการหาคุณภาพ (Quality) ทั้งเชิงปริมาณที่แสดงเป็นตัวเลข (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ที่แสดงเป็นภาษาที่เข้าใจได้ เป็นผลที่แสดงถึงผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ถูกต้องถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาว่า หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพสำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

จากการศึกษาความหมายประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลการหาคุณภาพของแผนการจัดการ

เรียนรู้ว่า หลังจากผู้เรียนผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูสร้างขึ้นแล้ว สามารถใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียนได้ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

2. การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้กำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพตามรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เกณฑ์ 80/80 ในความหมาย ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 การหาค่า E_1 และ E_2 ซึ่งใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} X\ 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกข้อรวมกัน

และ $$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} x\ 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการทดสอบหลังเรียน

2. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนร้อยละ 80 เช่น

มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 คน แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนถึงร้อยละ 80 (E_1) ส่วน 80 ตัวหลัง (E_2) คือ ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด (40 คน) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน โดยเทียบกับคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pre-test) 80 ตัวหลัง (E_2) สมมุติว่านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้คะแนน เฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่า แตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่า ความแตกต่างของการสอบ 2 ครั้งนี้ เท่ากับ 85–10 = 75 ดังนั้น ค่าของ E_2 = (75/90) ×100 = 83.33 % ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ (E_2 = 80)

4. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกมีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่า สื่อไม่มีประสิทธิภาพและชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง) สรุปว่า เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือจะนิยมตั้งเป็นตัวเลข 3 ลักษณะ คือ 80/80, 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างนั้น ถ้าเป็นวิชาค่อนข้างยากอาจตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80 หรือ 85/85 สำหรับวิชาที่มีเนื้อหาง่ายก็อาจตั้งเกณฑ์ไว้ 90/90 เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจตั้งเกณฑ์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนไว้เท่ากับร้อยละ 2.5 นั่นคือ ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ เท่ากับ 90/90 เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าที่น่าเชื่อถือว่าใช้ได้ คือ 87.50/87.50 หรือ 87.50/90 เป็นต้น

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) ได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียนไว้ 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior หรือ E_1) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรมเรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior หรือ E_2) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Products) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนการกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้

80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เช่น 80/80 มีความหมายดังนี้

80 ตัวแรก หมายความหมายว่า เมื่อเรียนจากนวัตกรรมแล้วผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติตามใบงานหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% หรือร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายความหมายว่า ผู้เรียนทำการสอนหลังเรียนใช้นวัตกรรมได้ผลเฉลี่ย 80% หรือร้อยละ 80

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

2.1 ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2.2 ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและโดยการคำนวณธรรมดา

ก. โดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1 $E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$ หรือ $\frac{\bar{X}}{A} \times 100$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียนนอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 $E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$ หรือ $\frac{\bar{F}}{B} \times 100$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วยประกอบด้วยผลการสอบหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียน

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยการนำคะแนนรวมแบบฝึกปฏิบัติ หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียนมาเข้าตาราง แล้วจึงคำนวณหาค่า E_1/E_2

ข. โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตร ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E_1 และ E_2 ได้ ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา

สำหรับ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ

สำหรับค่า E_2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยเพื่อหาค่าร้อยละ

จากการศึกษาการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการ และ

ผลลัพธ์ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่า 80/80 มีความหมายดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการ คำนวณได้จากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระหว่างเรียน ได้จากแบบฝึกหัด และแบบทดสอบย่อย ซึ่งมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

80 ตัวหลัง หมายถึง คุณภาพด้านผลลัพธ์ คำนวณได้จากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

3. ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

บุญชม ศรีสะอาด (2546) ได้กำหนดขั้นตอนการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปเพื่อหาประสิทธิภาพ มีดังนี้

1. ทดลองกลุ่มที่ไม่เข้ากลุ่มตัวอย่าง ทั้งกับเด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง นำผลที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น ปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองนี้จะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก

2. ทดลองสนาม คือ ทดลองกับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง นักเรียน 40 - 100 คน นำผลการทดลองที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าไม่เกินร้อยละ 2.5 ก็ยอมรับ แต่ถ้าหากต่างกันมากต้องปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ต่อไป

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้วต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

ก. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลางและเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพหากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

ข. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน (คละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางและอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือ

การทดสอบหลังเรียนและงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพหากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

ค. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้วให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่มอาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้งจนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

สรุปได้ว่าขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว เป็นการทดสอบประสิทธิภาพโดยมีผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน 2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เป็นการทดสอบประสิทธิภาพโดยมีผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน และ 3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม เป็นการทดสอบประสิทธิภาพโดยมีผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันท่วงที ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ 21 อย่างมีคุณค่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะค้นหา ผ่านการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง และวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูลสารสนเทศและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

1.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) ประกอบด้วย การสังเกต (Observing) การวัด (Measuring) การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) การจำแนกประเภท (Classifying) การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา (Relationship of Space and Time) การใช้จำนวน (Using Number) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communicating Data) การพยากรณ์ (Predicting) การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) การทดลอง (Experimenting) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion) และการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models)

1.2 ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี (Process Skills of Design and Technology) การจัดการเรียนรู้วิชาการออกแบบและเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะและกระบวนการที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ซึ่งทักษะและกระบวนการสำคัญของวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ได้แก่ ทักษะสำคัญของการออกแบบและเทคโนโลยี (Essential Skills of Design and Technology) เป็นความสามารถในการคิดเชิงระบบ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกันและการสื่อสาร และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นการหาวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.3 ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะนี้มีความสำคัญในการพัฒนาซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในศาสตร์อื่น ๆ และปัญหาในชีวิตประจำวันได้ด้วย

1.4 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงานที่เชื่อว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็นผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาทักษะที่จำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ พบว่า ประกอบด้วย 4 ทักษะ คือ 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี 3) ทักษะการคิดเชิงคำนวณ และ 4) ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

2. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ หรือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะบางประการ เช่น การสังเกต การวัด การคำนวณ การทดลอง การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ การตั้งสมมติฐาน การบันทึกข้อมูล และการสื่อความหมาย การแปลความหมายข้อมูล และการสรุป โดยทักษะเหล่านี้ นักเรียนจะแสดงออกในขณะที่มีการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จึงเปรียบเสมือนว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความชำนาญ และความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการคิด ซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งแก้ปัญหา

ศศิธร เวียงวะลัย (2556) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ โดยต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในตัวบุคคลที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยต้องมีการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความชำนาญ

3. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษา และสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้แบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้มากมาย ดังนี้

สมาคมส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (American Association For the Advancement of Science : AAAS อ้างอิงมาจาก ภพ เลาหไพบูลย์, 2540)

ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ เป็นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมผสาน หรือทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skills) ได้แก่

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)

1.2 ทักษะการวัด (Measuring)

1.3 ทักษะการคำนวณ (Using Numbers)

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Using Space/Time Relationship)

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)

1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)

1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

2. ทักษะขั้นผสม หรือบูรณาการ (Integrated Science Process Skills)

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling)

2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1 - 8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9 - 13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง หรือขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ มีดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อค้นข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วย ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุ หรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบไปด้วยการชี้บ่งและการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และการบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้ และประสบการณ์เดิมช่วย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ คือ การอธิบาย หรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวก หรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่งพวกของสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ นอกจากนั้นสามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเองพร้อมกับบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งของนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์

4. การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งของต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5. การใช้ตัวเลข (Using Numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้อย่างถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับได้ ตัดสินได้ว่าวัตถุในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน หรือแตกต่างกัน เป็นต้น การคำนวณ เช่น บอกวิธีคำนวณ คิดคำนวณ และแสดงวิธีคำนวณได้อย่างถูกต้อง และประการสุดท้ายคือ การหาค่าเฉลี่ย เช่น การบอกและแสดงวิธีหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง

6. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Using Space/Time Relationships)

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ได้แก่ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ของสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การบอกตำแหน่ง และทิศทางของ

วัตถุโดยใช้ตัวเองหรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

7. สื่อความหมายข้อมูล (Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพไดอะแกรม กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น โดยจะต้องรู้จักเลือกรูปแบบที่ใช้ในการแสดงข้อมูลได้อย่างเหมาะสม บอกเหตุผลในการแสดงข้อมูลในการเลือกแบบข้อมูลนั้น การเสนอข้อมูลอาจกระทำได้หลายแบบดังที่กล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะการเสนอข้อมูลในรูปแบบของตาราง การบรรจุข้อมูลให้อยู่ในรูปของตารางปกติจะใส่ค่าของตัวแปรอิสระไว้ทางซ้ายมือของตาราง และค่าของตัวแปรตามไว้ทางขวามือของตาราง โดยเขียนค่าของตัวแปรอิสระไว้ให้เรียงลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก หรือจากค่ามากไปหาค่าน้อย

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ซึ่งทำได้สองแบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ กับการพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การพยากรณ์ผลของข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นต้น

9. การชี้บ่งและการควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมุติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจาตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลมีต่อการทดลองคาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบ หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมุติฐาน คือ คำตอบทีคิดไว้ล่วงหน้ามีกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมุติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนสมมุติฐาน หรือคัดค้านสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมุติฐาน คือ การบอกชื่อ

ตัวแปรต้น ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม และในการตั้งสมมุติฐานต้องทราบตัวแปรจากปัญหา และสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมุติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องทราบว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) หมายถึง การกำหนดความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมุติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกต หรือวัดได้โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง และบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองนั้น

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนการทดลองจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้อง การบันทึกผลการทดลอง อาจอยู่ในรูปตาราง หรือการเขียนกราฟ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงค่าของตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระบนแกนนอน และค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง โดยเฉพาะในแต่ละแกนต้องใช้สเกลที่เหมาะสม พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของค่าของตัวแปรทั้งสองบนกราฟด้วย

ในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ สามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปรในการทดลองว่า ตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่ต้องควบคุม ในการทดลองหนึ่ง ๆ ต้องมีตัวแปรตัวหนึ่งเท่านั้นที่มีผลต่อการทดลอง และเพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ได้เกิดจากตัวแปรนั้นจริง ๆ จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่นไม่ให้มีผลต่อการทดลอง ซึ่งเรียกตัวแปรนี้ว่า ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

13. การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Marking Conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูล ในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการลงข้อสรุป คือบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงก็สามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นกับตัวแปรตามขณะที่ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลง หรือถ้าการลากกราฟเป็นเส้นโค้งให้อธิบาย

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก่อนที่กราฟเส้นโค้งจะเปลี่ยนทิศทาง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังจากที่กราฟเส้นโค้งเปลี่ยนทิศแล้ว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 14 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observing) เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลาย ๆ อย่างเข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือจากการทดลองโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 อย่าง ได้แก่ การดู การฟังเสียง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส

2. ทักษะการวัด (Measuring) เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ จากเครื่องมือที่เลือกใช้ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็ว พร้อมระบุหน่วยของการวัดได้อย่างถูกต้อง

3. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) เป็นความสามารถในการคาดเดาอย่างมีหลักการเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูล (Data) หรือสารสนเทศ (Information) ที่เคยเก็บรวบรวมไว้ในอดีต

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) เป็นความสามารถในการแยกแยะจัดพวกหรือจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ที่สนใจ เช่น วัตถุ สิ่งมีชีวิต ดาวและเทหวัตถุต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถในการเลือกและระบุเกณฑ์หรือลักษณะร่วมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการจำแนก

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา (Relationship of Space and Time) สเปซ คือพื้นที่ที่วัตถุครอบครอง ในที่นี้อาจเป็นตำแหน่ง รูปร่าง รูปทรงของวัตถุ สิ่งเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ (Relationship between Space and Space) เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุต่าง ๆ ครอบครอง การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา (Relationship between Space and Time) เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุครอบครองเมื่อเวลาผ่านไป

6. ทักษะการใช้จำนวน (Using Number) เป็นความสามารถในการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน และการคำนวณเพื่อบรรยายหรือระบุรายละเอียดเชิงปริมาณของสิ่งที่สังเกตหรือทดลอง

7. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communicating Data) เป็นความสามารถในการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง จากแหล่ง

ต่าง ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถในการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ วงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลมากขึ้น

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) เป็นความสามารถในบอกผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ สถานการณ์ การสังเกต การทดลองที่จากการสังเกตแบบรูปของหลักฐาน (Pattern of Evidence) การพยากรณ์ที่แม่นยำจึงเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่รู้มาก่อน หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีมาก่อน การตั้งสมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความ ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งอาจเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ก็ได้

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) เป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลอง หรือที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) เป็นความสามารถในการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่ ให้สอดคล้องกับสมมติฐานของการทดลองรวมถึงความสามารถในการระบุและควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น แต่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง หากไม่ควบคุมให้เหมือนกันหรือเท่ากัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนี้

ตัวแปรต้น (Independent Variable) สิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงต้องจัดสถานการณ์ให้มีสิ่งนี้แตกต่างกัน

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) สิ่งที่เป็นผลจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกันและเราต้องสังเกต วัด หรือติดตามดู

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ (Controlled Variable) สิ่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการจัดสถานการณ์ จึงต้องจัดสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันหรือเท่ากัน เพื่อให้มั่นใจว่าผลจากการจัดสถานการณ์เกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting) การทดลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการทดลอง

จึงเป็นความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบ และสอดคล้องกับคำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วน และเที่ยงตรง

13. การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion) ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

14. การสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

ผลจากการศึกษาประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งทักษะที่ 1 - 8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9 - 13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ คือ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

การวัด และประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2550) กล่าวว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 2 รูปแบบ คือ

1. การประเมินโดยใช้ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice Paper–and-pencil Tests)

2. การประเมินพฤติกรรมการเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment) การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบเป็นวิธีเก่าดั้งเดิมในขณะที่การประเมินพฤติกรรมเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นวัตถุประสงค์สำคัญ

นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (The University of California) และจากสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย (The California Institute of Technology) ประเทศสหรัฐอเมริกา (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2550) ได้พัฒนาวิธีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4 วิธีด้วยกัน คือ

1. การสังเกตพฤติกรรมการลงมือการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ

2. การประเมินสมุดบันทึกที่นักเรียนใช้บันทึกวิธีดำเนินการทดลอง

3. การใช้ไอคอน (Icon) ในสถานการณ์จำลองจากเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

4. การตอบคำถามสั้น ๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์และการตีความหมายข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) ได้เสนอแนะแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งต้องแจกแจงให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีสถานการณ์พฤติกรรมที่คาดหวัง เกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2. การเลือกเนื้อหาหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่ง ๆ ควรกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใด ทักษะและเนื้อหานั้นก็ควรปรากฏในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรม ทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าใด อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4. การเลือกแนวทางการออกข้อสอบ ควรถือหลักว่า ควรใช้การสอบแบบใดจึงจะสามารถตรวจวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลาและง่ายต่อการปฏิบัติด้วย

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557) นำเสนอแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. การใช้กระบวนการสังเกต (Observation) ถือว่าเป็นวิธีที่ครูใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่แล้ว ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตนั้นจะเกิดขึ้นในระหว่างที่ผู้เรียนทำการทดลองหรือทำกิจกรรมการเรียนโดยมีเครื่องมือที่หลากหลาย และแบ่งออกได้หลายแบบ ได้แก่ การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal Observation) การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured Observation) และการสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives)

1.1 การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal Observation Form) ครูเป็นผู้สังเกตโดยไม่มีประเด็นชี้เฉพาะในการสังเกต และไม่ได้กำหนดบุคคลในการสังเกตที่ชัดเจน เป็นการสังเกตโดยภาพรวม เพื่อการปรับปรุงการเรียนการสอน ผลจากการสังเกต อาจได้ข้อมูลอย่างคร่าว ๆ ว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมอย่างไร เช่น ชอบทำงานคนเดียว ชอบที่จะให้มีผู้ชี้แนะแนวทาง เป็นต้น

1.2 การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured Observation) ครูเป็นผู้สังเกตโดยมีประเด็นทักษะที่ต้องการสังเกตที่ชัดเจนและเป็นระบบ มีการกำหนดกลุ่มผู้เรียน หรือผู้เรียนในการสังเกตชัดเจนในกรณีงานกลุ่มหรืองานเดี่ยว และหากผู้เรียนมีจำนวนมาก มีการจัดระบบการสังเกต จัดเวลาและหัวข้อในการสังเกตที่ชัดเจน มีแบบสังเกต ผลจากการสังเกต ทำให้ได้ข้อมูลทักษะที่แสดงออก ความก้าวหน้าของทักษะที่เปลี่ยนแปลงในทางบวกและลบ ของผู้เรียนทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล และครูสามารถให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ไปสู่ผู้เรียนได้

1.3 การสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives) ใช้สังเกตพฤติกรรมหรือทักษะที่ค่อนข้างซับซ้อน เช่น การทำงานกลุ่ม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ซึ่งอาจจะไม่สามารถตอบได้ด้วยการ Checklist เช่น ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปร่วมกันทั้งกลุ่ม การบันทึกการสังเกตจะใช้การเขียนบรรยายแบบเล่าเรื่องราว ดูการทำงานของแต่ละบุคคลในกลุ่ม ซึ่งทำให้ทราบปัญหาของกลุ่มที่ลึกซึ้งจะได้แก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ได้ถูกจุดในบทเรียนต่อไป

2. การใช้คำถาม (Question) สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment Questionnaire) การทดสอบ (Testing) เป็นต้น

2.1 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นวิธีการประเมินที่ต้องใช้เวลาและส่งผลต่อการจัดการชั้นเรียน แต่ก็ยังเป็นวิธีที่มีคุณค่า โดยเฉพาะสำหรับผู้เรียนที่มีลักษณะเฉพาะตัว มีปัญหาในการเรียนรู้ หรือมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาอย่างเร่งด่วน ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้คำตอบที่ทำให้ครูสามารถหาแนวทางในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียน และวิธีการนี้ยังทำให้ผู้เรียนรู้สึกได้ว่าครูให้ความเป็นห่วงและความสนใจ ซึ่งมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและส่งเสริมการเรียนรู้ อีกทั้งยังเหมาะกับนักเรียนที่มีปัญหาการถ่ายทอดข้อความผ่านการเขียนตอบและเหมาะสำหรับการติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งวิธีการนี้สามารถจัดเป็นการสัมภาษณ์รายกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ สามารถกระทำได้ทั้งการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) และการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview)

2.2 แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment Questionnaire) เป็นอีกเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับผู้เรียนในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร และสามารถใช้ได้ในด้านอื่น เช่น ความรู้ ผลงานที่ตนเองทำ เจตคติ ฯลฯ เป็นการสะท้อนความคิดของผู้เรียนที่มีต่อตนเองให้ครูได้รับรู้ สามารถประเมินตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะเป็นอย่างไร และตนเองยังควรต้องพัฒนาปรับปรุงส่วนไหน อย่างไร ครูสามารถใช้ผลจากการประเมินตนเองของผู้เรียนประกอบกับเครื่องมืออื่น ๆ ที่ครูใช้ประเมิน

อาจทำเป็นแบบสอบถามในรูปแบบคำถามปลายเปิด (Open-ended Questions) มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) และอีกหลากหลายรูปแบบ

2.3 การทดสอบ (Testing) ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถประเมินได้จากการใช้แบบทดสอบ การประเมินทักษะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงสิ่งที่ตนเองรู้มากกว่าการจดจำความรู้ ครูสามารถประเมินนักเรียนในขณะที่ลงมือทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อสอบที่เป็นข้อคำถาม ความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีความแตกต่างอยู่ทั้งข้อคำถาม และรูปแบบการตอบ ข้อคำถามสำหรับการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบหรือปฏิบัติการเท่านั้น แต่สามารถทำได้ในรูปแบบของข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice) ได้เช่นกัน แต่ผู้ประเมินต้องมั่นใจว่าเรื่องที่ถามเกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตอบ ไม่ใช่แค่เพื่อวัดความรู้ความจำเท่านั้น

3. การประเมินจากผลงานของนักเรียน (Looking at Students' Work) สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาได้จากการตอบคำถามในใบงาน (Worksheet) การเขียนอนุทิน (Journal) ผลงาน โครงงานชิ้นงาน และการสาธิต (Project, Product and Demonstration) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นต้น

แนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีหลากหลายวิธี เช่น การประเมินจากพฤติกรรม โดยใช้กระบวนการสังเกต และการประเมินโดยใช้คำถามต่าง ๆ เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง การทดสอบ การประเมินจากผลงานของนักเรียน ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1959) ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของสมองที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ในหลายรูปแบบและหลายมิติ หรือคิดได้หลากหลายและแตกต่าง ที่เรียกว่าความคิดแบบอเนกมัย (Divergent Thinking)

อารี พันธ์มณี (2540) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของมนุษย์ที่จะนำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ เกิดผลผลิตใหม่ ๆ ทางเทคโนโลยี รวมทั้งความสามารถในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่ แตกต่างจากสิ่งที่เคยปรากฏและยังมีประโยชน์มหาศาลต่อชาวโลก

สุวิทย์ มูลคำ (2550) กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นกระบวนการทางปัญญาที่สามารถขยายขอบเขตความคิดที่มีอยู่เดิมสู่ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดเดิมและเป็นความคิดที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความคิดจินตนาการประยุกต์ที่สามารถนำไปสู่สิ่งประดิษฐ์คิดค้นใหม่ ๆ ทางเทคโนโลยี เป็นความคิดที่คนอื่นไม่คิดหรือมองข้าม เป็นความคิดหลากหลาย คิดไวกว้างไกล เน้นทั้งปริมาณและคุณภาพ อาจเกิดจากความคิดผสมผสานเชื่อมโยงระหว่างความคิดใหม่ ๆ กับประสบการณ์เดิม ทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่แก้ปัญหา และเอื้อประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

ทวีป อภิสิทธิ์ (2559) ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง พฤติกรรมทางการคิด และการกระทำ (ที่เป็นทั้งกระบวนการและผลผลิต) ของคนที่มีสิ่งเร้ากระตุ้นให้เกิดความคิดหลากหลาย สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง และ/หรือสามารถคิดค้นสิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่ วิธีการใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความคิดริเริ่มใหม่ ๆ ความคิดคล่องแคล่วรวดเร็ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

1.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Piltz และ Sund (1969) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางด้านวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย ผลผลิตจึงเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า ใครมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การที่จะตัดสินใจว่าสิ่งใดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีสิ่งต้องคำนึงถึงพร้อมกัน 2 ประการ คือ 1) ความคิดริเริ่ม หรือความใหม่ และ 2) ลีลาและความงดงาม (Esthetics)

ประทุม อัตชู (2535) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางของการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ การแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะได้มาซึ่งนวัตกรรมใหม่ที่ได้จากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กชพรรณ เภสัชชา (2560) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้สิ่งที่แปลกใหม่

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถของบุคคลที่เกิดกระบวนการคิดที่หลากหลาย นำไปสู่การคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ และเป็นการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว และความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหาต่าง ๆ รอบตัว โดยใช้หลักการ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2. ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

สุวิทย์ คำมูล (2547) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นกระบวนทางความคิดที่มีความสำคัญต่อเด็ก ทำให้เด็กสามารถสร้างความคิด สร้างจินตนาการ ไม่จนต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ความคิดสร้างสรรค์คือพลังทางความคิดที่เด็ก ๆ ทุกคนมีมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้น การพัฒนาพลังแห่งการสร้างสรรค์ จะทำให้เด็กเป็นคนที่มีอิสระทางความคิด มีความคิดที่ฉีกกรอบ และสามารถหาหนทางในการที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้เสมอ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556) กล่าวถึง ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้เราแก้ปัญหาได้ลงตัว โลกปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีเดิม ๆ มักใช้ไม่ได้ผล ความคิดสร้างสรรค์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ หากเราใช้คำตอบแบบเดิม ๆ อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ในที่สุด เราจึงจำเป็นต้องคิดสร้างสรรค์ฝ่าวงล้อมและตีขอบเขตความคิดทะลวงออกไป เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ และพบสิ่งที่ดีกว่าในอนาคต

2. ความคิดสร้างสรรค์ก่อให้เกิดนวัตกรรมที่ไม่หยุดยั้ง ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการผลิตสินค้า ผู้ผลิตสินค้าจำเป็นต้องแข่งขันกันในการผลิต ให้ดีกว่า ใหม่กว่า เป็นที่ต้องการมากกว่า เทคโนโลยีในปัจจุบันจึงมีการแข่งขันกันในด้านความคิดสร้างสรรค์เพื่อผลิตสิ่งใหม่ ๆ ออกสู่ตลาด

3. ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้เราได้สิ่งที่ดีกว่า ในปัจจุบันคนทุกอาชีพต้องพึ่งพาคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ เพราะทุกองค์กรต้องพัฒนาตนเองเพื่อก้าวสู่อนาคต

4. ความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบสำคัญของความฉลาด

จรัสศรี พัวจินดาเนตร (2561) กล่าวถึงคุณค่าของการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. คุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อสังคม ได้แก่ การที่บุคคลได้คิดสร้างสรรค์สิ่งหนึ่งเพื่อประโยชน์สุขและความเจริญก้าวหน้าของสังคม หรือหาวิธีแก้ไขจนประสบผลสำเร็จมีประโยชน์ต่อสังคม เช่น ความเจริญก้าวหน้าด้านการเกษตร การคมนาคม และความเจริญก้าวหน้าด้านการแพทย์

2. คุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อตนเอง ความสามารถในการสร้างสรรค์นั้นนับเป็นความสามารถที่มีคุณค่าต่อผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์เองด้วย เพราะการสร้างผลงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งขึ้นมาทำให้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์มีความพอใจและมีความสุข เช่น การที่เด็กสร้างผลงานด้วยตนเองจะสร้างความพึงพอใจแก่เด็กไม่ว่าจะเป็นการวาดภาพ การต่อสิ่งของให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ

การคิดเกมการเล่นที่แปลกใหม่ เด็กจะเกิดความภาคภูมิใจในความสามารถของตนเอง มั่นใจในตนเอง ซึ่งมีผลไปถึงแบบแผนบุคลิกภาพ และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสังคมของเด็ก

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางความคิดที่ทุกคนมีมาตั้งแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้น และการพัฒนาจะทำให้เป็นคนที่มีอิสระทางความคิด ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญทั้งต่อตนเอง และสังคม โดยการสร้างสรรค์ผลงานจะทำให้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์มีความสุข เกิดความภาคภูมิใจในตนเอง ส่งผลทางอ้อมต่อสังคมคือการปรับตัวเข้ากับสังคม เกิดคุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อสังคม ก่อให้เกิดนวัตกรรม สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ โดยไม่หยุดยั้ง

3. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1962) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดได้หลากหลาย โดยการตั้งคำถามปลายเปิดและคำถามอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทางหรืออาจเป็นความคิดคล่องทางการเชื่อมโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เพื่อให้นักเรียนสามารถตอบได้อย่างหลากหลาย

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธี และสามารถแปลความรู้ที่มีให้เกิดประโยชน์หลายด้านต่อไป

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดแปลกใหม่ที่ต่างไปจากความคิดปกติหรือเป็นการเชื่อมโยงสัมพันธ์กันมาก่อน

Guilford และ Hoepfiner (1967) ได้ศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เพิ่มเติม พบว่ามีรายละเอียดประกอบด้วย 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม
2. ความคิดคล่องแคล่ว
3. ความคิดยืดหยุ่น
4. ความคิดละเอียดลออ
5. ความไวต่อปัญหา
6. ความสามารถในการให้นิยามใหม่
7. ความซึมซาบ
8. ความสามารถในการทำนาย

Hu, Adey และ London (2002) ได้พัฒนาแบบจำลองโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ Scientific Structure Creativity Model (SSCM) ที่เกิดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิด โดยได้นำเสนอผ่านทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง

วิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างขององค์ประกอบ พัฒนาแบบจำลองโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยได้รับอิทธิพลมาจากแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford ทำให้รูปแบบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะไม่แตกต่างกันมากในด้านคุณสมบัติ ได้อธิบายโครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านคุณสมบัติ (Trail) เป็นลักษณะของของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยที่แสดงถึงคุณสมบัติของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบ รวดเร็ว และมีปริมาณของคำตอบหรือวิธีการที่มากในเวลาที่จำกัด

1.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย

1.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดของคนอื่น เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มี

2. ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง ผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมอง หรือกระบวนการคิดทางสมองหลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้า ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (Technical Product) หมายถึง ผลการของความรู้หรือผลของการคิด

2.2 การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ (Science Knowledge) หมายถึง การนำความรู้หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์

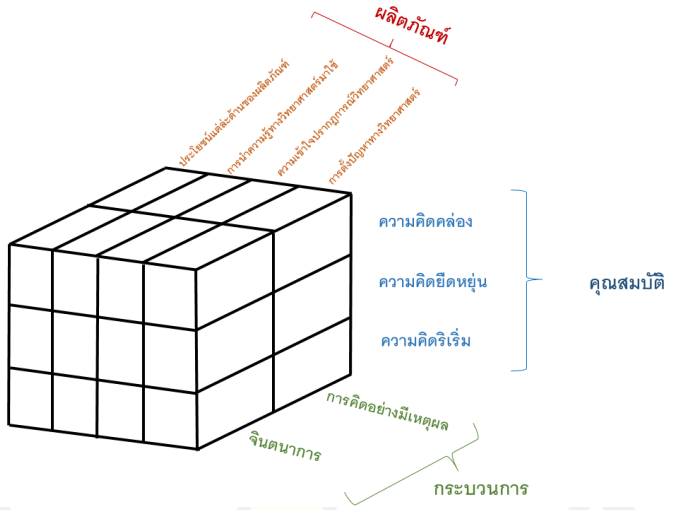
2.3 ความเข้าใจในปรากฏการณ์ (Science Phenomena) หมายถึง การรับรู้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เป็นไปโดยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

2.4 การตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science Problem) หมายถึง การตั้งสมมติฐาน การวางเงื่อนไขของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเป็นไปตามหลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านกระบวนการ (Process) หมายถึง กระบวนการคิดการประมวลผลทางสมองที่มีในแต่ละบุคคลแตกต่างกันไป ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 การคิดอย่างมีเหตุผล (Thinking) หมายถึง การประมวลผลทางสมองโดยใช้ตรรกะหรือข้อมูลต่าง ๆ เพื่อช่วยคาดการณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

3.2 จินตนาการ (Imagination) หมายถึง การคิดสร้างภาพ ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่คาดว่าน่าจะเกิดขึ้นได้



ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM)
ที่มา: Hu, Adey และ London (2002)

สุวิทย์ คำมูล (2550) อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งนับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน พูดง่าย ๆ คือ มองในแง่ปริมาณของผลงาน เช่น ถ้าถามว่า อะไรเอ่ยที่ขึ้นต้นด้วย คำว่า “แม่” เด็กคนหนึ่งอาจตอบได้ 9 คำ อีกคนหนึ่งอาจตอบได้ 20 คำ ในเวลาจำกัด เด็กที่พูดได้ 20 คำ ถือว่ามีความคล่องตัวกว่า คนที่ได้ 9 คำ พ่อแม่ควรกระตุ้นโดยการใช้คำถามที่ใช้เวลาจำกัดให้ตอบเร็ว ๆ โดยเน้นปริมาณให้มากที่สุด เร็วที่สุดไปพร้อม ๆ กัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับเปลี่ยนสภาพของความคิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ความคิดยืดหยุ่นเน้นในเรื่องปริมาณที่เป็นประเภทใหญ่ ๆ ของความคิดแบบคล่องแคล่ว เป็นตัวเสริมและเพิ่มคุณภาพของความคิดคล่องแคล่วให้มากขึ้นด้วยการจัดเป็นหมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น เช่น ถามคำที่ขึ้นต้นด้วยคำว่าแม่ มีอะไรบ้าง เด็กที่ตอบ 9 คำ แต่มีความคิดหลายทิศหลายทางอาจตอบว่า แม่น้ำ แม่แรง แม่กก แม่เลี้ยง แม่มด แม่พิมพ์ แม่ยก แม่เหล็ก และแม่สาย ส่วนเด็กที่ได้ 20 คำ อาจมีความยืดหยุ่นไม่ดีเท่า เช่น เด็กอาจตอบว่า แม่กก

แม่กบ แม่กน แม่เกย แม่เกอว แม่เลี้ยง แม่หมา แม่แมว แม่หมู แม่ช้าง แม่ม้า แม่ลิง แม่เสือ แม่กระต่าย แม่เฒ่า แม่อูฐ แม่ไก่ แม่ชะนี แม่ชะมด แม่หนู เห็นได้ว่ากลุ่มคำมีอยู่ 2 พวกเท่านั้นคือ แม่ที่ตามด้วยกลุ่มตัวสะกด และแม่ที่ตามด้วยประเภทของสัตว์ ซึ่งต่างจากคนที่คิดได้เพียง 9 คำ แต่ทุกคำไม่มีทิศทางของความคิดซ้ำกันเลย ถือว่าเด็กประเภทนี้มีความยืดหยุ่นดีกว่าพวกที่มากแต่ปริมาณ

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ อาจจะเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น และยังรวมถึงการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ อย่างมีความหมาย ตัวอย่างเช่น คุณสามารถนำเอากระติกน้ำกับขาเก้าอี้มาผสมผสานกันคิดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใหม่ได้หรือไม่ คุณสามารถเอาวิชาศิลปะกับวิชาคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กันได้หรือไม่

ทวีป อภิสิทธิ์ (2559) ได้อธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นลักษณะความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดง่าย ๆ ธรรมดาของคนทั่ว ๆ ไป ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการนำความรู้เดิมมาเสริมแต่งดัดแปลง หรือประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้นมา หรือเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นใหม่เป็นครั้งแรกที่ต้องอาศัยความกล้าคิด กล้าทดลอง บางครั้งอาจใช้ความคิดเชิงจินตนาการมาช่วยในการคิดสร้างผลงานใหม่ ๆ นั้นด้วย ลักษณะของความคิดริเริ่มจะเป็นดังนี้

1.1 เป็นกระบวนการที่แตกต่างไม่ซ้ำกับของเดิม

1.2 เป็นบุคคลที่กล้าคิด กล้าทดลอง กล้าแสดงออก ยินดีเผชิญกับสิ่งที่จะเกิดขึ้น

1.3 เป็นผลผลิตที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับใคร มีคุณค่า ต่อตนเอง และสังคม

2. ความคิดคล่องตัว (Fluency) เป็นลักษณะการคิดของ บุคคลที่พรั่งพรู สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วมากกว่า สามารถหาคำตอบในปริมาณมากและมีคุณภาพ ลักษณะของความคิดคล่องตัวแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 คล่องแคล่วในการคิดถ้อยคำ (Word Fluency)

2.2 คล่องแคล่วในการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) เช่น หาถ้อยคำที่เหมือนหรือคล้ายกันได้มากที่สุดในเวลากำหนด

2.3 คล่องแคล่วในการแสดงออก (Expressions Fluency) เช่น สามารถหาถ้อยคำ วลี หรือประโยคมาเรียงกัน ให้ได้เนื้อความที่ต้องการอย่างรวดเร็ว

2.4 คล่องแคล่วในการคิด มีความคิดดี ๆ แปลก ใหม่ (Ideational Fluency) ได้หลายอย่าง และรวดเร็วภายในเวลาที่กำหนด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นลักษณะความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลากหลายประเภทและหลากหลายทิศทาง แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นได้ทันที (Spontaneous Flexibility) คือ ความสามารถคิดได้หลากหลายอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นจากการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) คือ ความสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย สามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งเป็นอีกหลายสิ่งได้

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ลักษณะความคิดในรายละเอียดที่ตกแต่ง ขยายความคิดหลักให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งพัฒนาการของความคิดละเอียดลออนี้ขึ้นอยู่กับอายุ เพศ และความช่างสังเกต ของแต่ละบุคคลด้วย

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ได้จัดองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายประเภท

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงที่แปลกใหม่ โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

ผลการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ได้แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม (Originality) 2) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) 3) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และ 4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ซึ่งองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีองค์ประกอบเพียง 3 ด้าน คือ 1) ความคิดริเริ่ม (Originality) 2) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) 3) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)

4. แนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้สรุปแนวคิดและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

1. ให้นักเรียนได้คิดสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ได้แสดงความคิดโดยอิสระ ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าตอบทุกอย่างที่คิด โดยไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์หรือประเมินค่า เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น โต้แย้ง แสดงเหตุผล

2. ส่งเสริมให้นักเรียนถาม และให้ความสนใจต่อคำถามของนักเรียน

3. กระตือรือร้นต่อคำถามที่แปลก ๆ ของนักเรียน โดยการตอบอย่างมีชีวิตชีวา หรือชี้แนะให้หาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง

4. กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง

5. แสดงให้เห็นว่าความคิดของนักเรียนมีคุณค่า และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

6. ส่งเสริมให้นักเรียนวิจารณญาณของตนเอง และยกย่องชมเชยเมื่อนักเรียนมีจินตนาการแปลกกว่าผู้อื่น

7. ใช้คำถามปลายเปิด กระตุ้นยั่วยุและเร้าความรู้สึกนึกคิด ให้ชวนคิดให้ได้ความหมายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

8. ครูควรมีความริเริ่มสร้างสรรค์ มีความรอบรู้ เป็นแหล่งความรู้ กระตือรือร้น สนใจศึกษาค้นคว้าอยู่เสมอ นำเทคนิควิธีการสอนแปลก ๆ ใหม่ ๆ มาทดลอง สามารถชี้แนะ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้

9. ใจกว้างที่จะยอมรับความคิดเห็นของนักเรียนที่แตกต่างจากของตน

10. พึงระลึกเสมอว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะต้องค่อยเป็นค่อยไป กิจกรรมการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนสามารถสอดแทรกให้นักเรียนได้ฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์ได้เกือบตลอดเวลา

ทวีป อภิสิทธิ์ (2559) กล่าวว่า การเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวบุคคลเป็นสิ่งที่กระทำได้ทั้งทางตรง เช่น ฝึกอบรม สอนให้ทำกิจกรรม ฯลฯ และทางอ้อม เช่น จัดบรรยากาศให้เป็นอิสระทางความคิดในการเรียนรู้และการกระทำ ดังนั้น พ่อแม่ ผู้ปกครอง และครูอาจารย์ จึงควรส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 2 ทาง คือ

1. ทางอ้อม จัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในครอบครัวและสถานศึกษาให้เป็นอิสระทางความคิดและการกระทำ

2. ทางตรง เลือกจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกอบรมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์โดยตรง

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2560) กล่าวว่า การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สามารถทำได้หลายทาง ทั้งทางตรง และทางอ้อม วิธีการส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สามารถทำได้ ดังนี้

1. จัดบรรยากาศในห้องเรียนให้นักเรียนรู้สึกเป็นอิสระ ไม่ถูกควบคุมด้วยระเบียบวินัย นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ แปลก ๆ ของตนเอง เมื่อนักเรียนมีอิสระในการคิดการตัดสินใจ ย่อมทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

2. ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนถาม และให้ความสนใจต่อคำถามแปลก ๆ ของนักเรียนด้วย การตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวา ครูไม่เน้นคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว เพราะในการ

แก้ปัญหานั้น แม้นักเรียนจะใช้วิธีการเดาบ้างก็ควรยอม และควรกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ค้นหาและพิสูจน์คำตอบ โดยการใช้วิธีชี้แนะให้นักเรียนหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการคิดวิเคราะห์ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสร้างสรรค์

3. ส่งเสริมให้นักเรียนตอบคำถามชนิดปลายเปิดที่มีความหมาย ไม่มีคำตอบที่แน่นอนตายตัว คำถามลักษณะนี้จะสนับสนุนให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้หาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มากขึ้น

4. สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้มากขึ้น โดยให้ข้อมูลข่าวสารที่จะกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง ชื่นชมนักเรียนที่พยายามเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นการให้กำลังใจแก่นักเรียน และเป็นส่วนผลักดันให้นักเรียนริเริ่มในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และคิดหาวิธีการแปลกใหม่ที่จะทำให้บรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมาย

5. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้จินตนาการของตนเอง และยกย่องชมเชยเมื่อนักเรียนมีจินตนาการที่แปลกกว่าผู้อื่น ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงการมีความริเริ่มสร้างสรรค์ หรือชื่นชมผลงานของนักเรียนที่มีการพัฒนาชิ้นงานที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ต่อสังคม

6. ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์ โดยยั่วยุให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบที่แปลกใหม่จากเดิม ส่งเสริมให้คิดวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ และมีความกล้าเสี่ยงทางสติปัญญา

จรัสศรี พัวจินดาเนตร (2561) ได้เสนอแนะบทบาทของครูในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกับทอร์แรนซ์ ดังนี้

1. จัดกิจกรรมหรือบรรยากาศแบบเรียนปนเล่น
2. จัดบรรยากาศให้ห้องเรียนแบบอิสระ สบาย ๆ เป็นกันเอง
3. ยอมรับการแสดงออกของนักเรียนทุกคนด้วยความสนใจ และกระตือรือร้น
4. ไม่กำหนดหรือจำกัดกิจกรรมในห้องเรียน
5. เปิดโอกาสให้เด็กได้ค้นคว้า ทดลองและหาคำตอบเอง
6. ไม่ข่มขู่เด็ก ไม่ว่าจะเป็นคำพูดหรือท่าทาง
7. ไม่ควรยึดแบบเรียนที่ตายตัว แนะนำให้เด็กรู้จักการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี
8. คำถามที่ใช้ในห้องเรียนควรเป็นคำถามแบบเปิดกว้าง
9. สร้างบรรยากาศในการยอมรับความเป็นกันเองระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียนเอง
10. พยายามสนับสนุนทางด้านความคิดที่กว้างและลึก
11. ให้เวลาแก่เด็กที่จะคิดค้น พัฒนาความคิดที่กว้างออกไปอีก
12. ปลูกฝังให้เด็กรู้จักคุณค่าของตัวเอง

13. ให้อิสรเสรีภาพในการแสดงออกของเด็ก

สรุปได้ว่า การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สามารถทำได้หลายทาง ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การจัดบรรยากาศให้ห้องเรียนแบบอิสระ นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ แปลก ๆ ของตนเองได้ทุกคน ส่งเสริมให้นักเรียนถาม และสนใจคำถามแปลก ๆ ของนักเรียน ครูไม่เน้นคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว กระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ค้นหา และพิสูจน์คำตอบด้วยตนเอง โดยครูชี้แนะให้หาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนตอบคำถามชนิดปลายเปิดที่มีความหมาย ไม่มีคำตอบที่แน่นอนตายตัว ให้การชื่นชมนักเรียนที่พยายามเรียนรู้ด้วยตนเอง และไม่ยึดแบบเรียนที่ตายตัว

5. การวัด และประเมินผลความคิดสร้างสรรค์

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539) ได้เสนอเทคนิควิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นคุณภาพของสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคลเช่นเดียวกับความคิดด้านอื่น ๆ แต่ก็สามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ซึ่งที่นิยมใช้กันมี 3 วิธีการ คือ

1. การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน ทั้งนี้อาจสังเกตจากความคิดหรือจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรม การทดลอง การปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดยนักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้เกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ แสดงลักษณะที่กล้าทดลอง กล้าเสี่ยง

2. การตรวจสอบคุณภาพของผลงาน เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะพิจารณาจากคุณภาพของผลงานที่นักเรียนจัดทำขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาจากผลงานหลาย ๆ ชิ้นต่อเนื่องกันจะดีกว่าการพิจารณาจากผลงานเพียงชิ้นเดียว และหากได้พิจารณาจากงานในแฟ้มสะสมงานที่จัดทำมาตลอดภาคเรียนก็จะทำให้สามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง และเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของผลงานนี้จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ชัดเจน โดยอาจใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (Rubric) และหากมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คนก็จะยิ่งดี

3. การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ ซึ่ง สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2541) ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดสติปัญญากับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ว่า แบบทดสอบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา ดังนั้นจึงมีคำตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบทดสอบวัดความคิด

สร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลก ไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลาย ๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก

อารี พันธ์มณี (2540) ได้เสนอเทคนิคการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางไว้ 5 วิธี ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ อับราฮัม (Abraham) และแอนดรู (Andrew) ได้ศึกษาแบบต่าง ๆ ของความคิดจินตนาการ และใช้วิธีการสังเกตเป็นวิธีวัดผลหนึ่งในหลาย ๆ วิธี เขาวัดจินตนาการของเด็กจากการพฤติกรรมการเล่นและการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยสังเกตพฤติกรรมการเลียนแบบ การทดลอง การปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การใช้คำอธิบายและบรรยายให้เกิดภาพพจน์ชัดเจน การเล่านิทาน การแต่งเรื่องใหม่ การเล่นและการคิดเกมใหม่ ๆ ตลอดจนพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึกซาบซึ้งต่อความสวยงาม เป็นต้น มาร์กี (Markey) ได้สังเกตพฤติกรรมการเล่นเกมบ้าน การตั้งชื่อแปลก ๆ ลักษณะความเป็นผู้นำ เป็นต้น

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมให้เป็นภาพที่สมบูรณ์ เช่น ซิมป์สัน (Simpsan) ได้ใช้จุดวงกลมเล็ก ๆ 40 จุด จำนวน 500 ชุด เป็นสิ่งเร้าให้เด็กวาด และพิจารณาความคิดคล่องตัวและความคิดยืดหยุ่นจากภาพที่เด็กวาด

3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึกแล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี เช่น เดิร์กแพตทริก (Dirkpatrick) ได้ใช้รอยหยดหมึกโดยให้เด็กดูภาพ แล้วตอบโดยไม่จำกัด ให้อิสระในการคิดตอบได้เต็มที่ ส่วนคำสั่งก็สั้น ๆ ไม่เฉพาะเจาะจง และสิ่งเร้ารอยหยดหมึกก็เป็นแบบคลุมเครือไม่ชัดเจน คำตอบของเด็กจะได้รับการพิจารณาจากความสามารถในการคิดประดิษฐ์ อารมณ์ขัน ลักษณะจินตนาการ ความรู้สึก และความสามารถในการรับรู้ที่ดีต่อรอยหยดหมึก

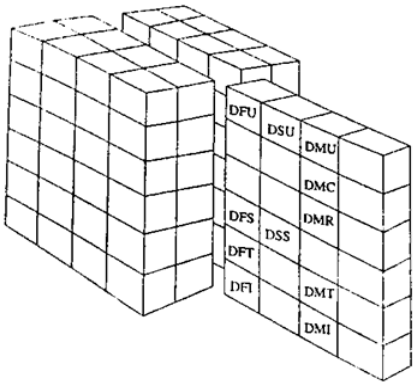
4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากข้อความที่กำหนด และการประเมินจากผลงานศิลปะของนักเรียน นักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่า เด็กในวัยประถมศึกษามีความสำคัญยิ่ง หรือจัดเป็นช่วงวิกฤติของการพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ เด็กวัยนี้มีความสนใจในการเขียนสร้างสรรค์และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะเป็นอย่างยิ่ง เช่น นิวตัน เจมส์ ฮิลเลอร์ และปาสคาล พบว่า บุคคลเหล่านี้ได้แสดงแววสร้างสรรค์ด้วยการประดิษฐ์และสร้างผลงานชิ้นแรกเมื่ออยู่ในวัยประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ เด็กช่วงวัยนี้จะมีพัฒนาการทางภาษาค่อนข้างดี กิจกรรมการเขียนบรรยาย หรือแสดงความรู้สึกจินตนาการเป็นที่สนใจของเด็ก

5. แบบทดสอบ หมายถึง การใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เพื่อวัดพฤติกรรมสร้างสรรค์ของเด็ก นับเป็นพัฒนาการของการวัดความคิดสร้างสรรค์ในลำดับต่อมา คือ การใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งที่ใช้ภาษาเป็นสื่อและใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ โดยมีการกำหนดเวลาด้วย ปัจจุบันแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์มีหลายแบบ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นต้น

ตัวอย่างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

แบบทดสอบความคล่องแคล่วของกิลฟอร์ดและคริสเตนLau (Christensen, Guilford Fluency Tests)

แบบทดสอบนี้ กิลฟอร์ดและคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้คิดขึ้นเพื่อวัดความคิดกระจาย (Divergent Thinking) โดยมุ่งวัดตัวประกอบในแต่ละเซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมี 3 มิติ คือ เนื้อหาที่คิด (Content) วิธีการคิด (Operation) และผลิตผลแห่งความคิด (Product) ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น DSU หมายถึง ใช้วิธีการคิดแบบผลิตจำแนกเนื้อหาที่คิดเป็นแบบสัญลักษณ์ และผลิตผลแห่งความคิดออกมาในรูปของหน่วย เป็นต้น ดังรูปต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 แสดงแบบสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้โดยบรรจุลงเซลล์ของแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด

ความหมายของสัญลักษณ์รหัส

วิธีการคิด	ผลิตผลของความคิด
F = ภาพ	R - ความสัมพันธ์ (Relations)
S = สัญลักษณ์	S - ระบบ (Systems)

M = ภาษา T - การแปลงรูป (Transformations)

B = พฤติกรรม I - การประยุกต์ (Implications)

ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบความคล่องแคล่วของกิลฟอร์ดและคริสเตนเสน ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 4 ชุด 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 4 ฉบับ และเป็นโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับ มัธยมและผู้ใหญ่ ตัวอย่างของแบบทดสอบมีดังนี้

1. ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency, DSU)

ให้เขียนคำประกอบด้วยตัวอักษรที่กำหนดให้ เช่น ป : ปด ปัด ปาด เป็นต้น

2. ความคล่องแคล่วทางความคิด (Ideational Fluency, DMU)

ให้เขียนชื่อที่อยู่ในพวกหรือประเภทเดียวกัน เช่น ของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมันก๊าด แก๊สโซลีน และแอลกอฮอล์ เป็นต้น

3. ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (Associational Fluency, DMR)

ให้เขียนคำต่าง ๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกับคำที่กำหนดให้ เช่น หนัก ยาก แข็ง เป็นต้น

4. ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (Expressional Fluency, DSS)

ให้เขียนประโยคประกอบด้วยคำ 4 คำ ในแต่ละคำเริ่มต้นด้วยตัวอักษรที่กำหนดให้ เช่น “K-U-Y-T” Keep up your interest. Kill useless yellow insects.

5. การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Alternate Uses, DMC)

ให้บอกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งเฉพาะที่กำหนดให้ มิใช่เป็นการใช้ประโยชน์โดยทั่ว ๆ ไป เช่น หนังสือพิมพ์ใช้ทำประโยชน์อย่างไรได้บ้าง

6. การสรุปผล (Consequence, DMU, DMC)

ให้บอกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อันเป็นผลเนื่องจากเหตุการณ์สมมุติฐานที่กำหนดให้ เช่น ถ้าคนไม่จำเป็นต้องนอนพักผ่อนจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง : คนทำงานได้มากขึ้น ไม่จำเป็นต้องใช้นาฬิกาปลุก เป็นต้น

ในแบบทดสอบนี้มีการให้คะแนน 2 ประเภท คือ คะแนนรวมของคำตอบที่เห็น ได้อย่างชัดเจน ซึ่งเกิดจากด้านความคล่องแคล่วทางความคิด (DMU) และคะแนน รวมของคำตอบพิเศษออกไป ซึ่งเกิดจากความคิดริเริ่ม (DMT)

7. ประเภทของงานอาชีพ (Possible Jobs, DMI)

ให้บอกรายชื่อของงานอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้ เช่น หลอด ไฟฟ้า : วิศวกรไฟฟ้า เจ้าของโรงงานทำหลอดไฟฟ้า และอื่น ๆ เป็นต้น

8. การวาดรูป (Making Objects, DFS)

ให้วาดรูปสิ่งของเฉพาะโดยใช้เซ็ตของรูปที่กำหนดให้ เช่น รูปวงกลมและรูปเหลี่ยม เป็นต้น ในการวาดรูปสิ่งของรูปหนึ่งอาจใช้รูปที่กำหนดให้ซ้ำกันได้ และเปลี่ยนแปลงขนาดได้ แต่จะต้องไม่เติมรูปทรงหรือเส้นอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีก

9. การสเก็ตช์รูป (Sketches, DFU)

ให้ต่อเติมให้เป็นรูปจากภาพร่างที่กำหนดให้ เช่น วงกลม สามเหลี่ยม และต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ และแตกต่างกันให้มากที่สุด

10. ปัญหาไม้ขีดไฟ (Match Problem, DFPT)

จากโจทย์ที่กำหนดให้ เช่น ปัญหาไม้ขีดไฟ ให้เอาก้านไม้ขีดไฟจำนวนหนึ่งออกโดยให้ก้านไม้ขีดไฟที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือรูปสามเหลี่ยม ที่มีจำนวนรูปตามต้องการ

11. การตกแต่งรูป (Decorations, DFI)

ให้ตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

แบบทดสอบของวอลลาชและโดแกน

แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย ดังนี้

ฉบับที่ 1 “พวกเดียวกัน” มี 4 ข้อ

ให้พยายามนึกหาคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนใคร มาให้มากที่สุดจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ เช่น จากสี่เหลี่ยม เป็นต้น

ฉบับที่ 2 “ประโยชน์ของสิ่งของ” มี 8 ข้อ

ให้บอกประโยชน์ของกระดาษหนังสือพิมพ์ที่อ่านแล้วมาให้มากที่สุด

ฉบับที่ 3 “ความเหมือน” มี 10 ข้อ

เช่น เก้าอี้กับโต๊ะมีอะไรคล้ายกันบ้าง

ฉบับที่ 4 “ความหมายของภาพเส้น” มี 8 ข้อ

ให้บอกมาให้มากที่สุดว่าเมื่อดูภาพแล้วนึกถึงอะไรบ้าง

ฉบับที่ 5 "ความหมายของเส้น" มี 8 ข้อ

ให้ดูภาพที่เป็นเส้นแล้วบอกว่าเป็นอะไรได้บ้าง บอกมาให้มากที่สุดแบบทดสอบนี้ใช้เวลา 55 นาที

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance Test of Creative Thinking)

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ มีดังต่อไปนี้

3.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively with Pictures) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

3.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively with Words) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

3.3 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking Creatively with Sounds and Words: Sounds and Images)

3.4 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว (Thinking Creatively in Action and Movement)

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อแบบ ก

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพมี 2 แบบ คือ แบบ ก และ แบบ ข เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งทอแรนซ์ได้กำหนดสิ่งเร้าให้มีลักษณะคล้ายกัน มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน แต่แตกต่างกันในสิ่งเร้าที่กำหนด แบบทดสอบทั้งแบบ ก และ แบบ ข ใช้สำหรับเด็กชั้นอนุบาล - อุดมศึกษา

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพแบบ ก ประกอบด้วย แบบสอบย่อย 3 ชุด ซึ่งทอแรนซ์เรียกแบบสอบย่อยว่ากิจกรรม แบบสอบย่อยจึงประกอบด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมชุดที่ 1 การวาดภาพ (Picture Construction) โดยให้เด็กต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นกระดาษสติ๊กเกอร์สีเขียว รูปไข่ ให้เด็กต่อเติมภาพให้แปลกใหม่ น่าตื่นเต้น และน่าสนใจที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วให้ตั้งชื่อภาพที่วาดแล้วให้แปลกที่สุด

กิจกรรมชุดที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) โดยให้เด็กต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นเส้นในลักษณะต่างๆ มีจำนวน 10 ภาพ เป็นการต่อเติมภาพให้แปลก น่าสนใจ และน่าตื่นเต้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมเสร็จแล้วให้แปลกและน่าสนใจด้วย

กิจกรรมชุดที่ 3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Pararell Line) โดยให้เด็กต่อเติมภาพจากเส้นคู่ขนาน จำนวน 30 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพและต่อเติมภาพให้แปลก แตกต่าง ไม่ซ้ำกัน แล้วตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมแล้วด้วย

การทำแบบทดสอบทั้ง 3 กิจกรรม เน้นการวาดภาพให้แปลก น่าตื่นเต้น น่าสนใจ และวาดจากความคิดของเด็กเอง หรือแสดงเอกลักษณ์ของภาพ กิจกรรมทั้ง 3 ชุด ใช้เวลาทดสอบ

กิจกรรมชุดละ 10 นาที เมื่อหมดเวลากิจกรรมก็ต้องเริ่มทำกิจกรรมชุดถัดไปทันที กิจกรรมทั้ง 3 ชุด จึงใช้เวลา 30 นาที

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อแบบ ข

แบบทดสอบนี้มีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบ ก จะแตกต่างกันเฉพาะสิ่งเร้าที่กำหนด กล่าวคือ ในกิจกรรมชุดที่ 1 เป็นการวาดภาพ โดยให้เด็กต่อเติมจากกระดาษสติ๊กเกอร์สีส้มเป็นรูปคล้ายไส้กรอก กิจกรรมชุดที่ 2 การวาดภาพให้สมบูรณ์ โดยให้เด็กต่อเติมจากเส้นลักษณะต่าง ๆ ซึ่งต่างกับแบบ ก และกิจกรรมชุดที่ 3 การใช้วงกลม (Circles) โดยให้เด็กต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่เป็นวงกลมขนาดเดียวกันจำนวน 30 วง

ในการทดสอบ ผู้ทำการทดสอบควรสร้างความคุ้นเคยเป็นกันเองกับเด็ก ไม่ให้เด็กเกิดความหวาดกลัว ตื่นเต้น และคำนึงถึงคะแนนได้ตก การใช้คำพูดกระตุ้น และสร้างแรงจูงใจให้เด็กเป็นสิ่งจำเป็นในการทำแบบทดสอบ ในทำนองที่ว่า “วันนี้ครูมีเกมสนุก ๆ มาให้นักเรียนเล่น โดยจะให้นักเรียนวาดภาพตามที่นักเรียนคิดว่าแปลกใหม่ที่สุดซึ่งไม่เคยมีใครวาดมาก่อน พยายามวาดภาพให้ต่างจากคนอื่น ๆ และขอให้นักเรียนจงสนุกสนานกับการวาดภาพในวันนี้”

กล่าวโดยสรุป คำชี้แจงในแบบทดสอบเน้นถึงความสนุกสนาน มุ่งขจัดความกลัว และพยายามให้เด็กเกิดความสะดวกสบาย กระตุ้นให้เกิดความอบอุ่นทางจิตใจ แบบทดสอบนี้ใช้เป็นแบบทดสอบกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัด คะแนนความคิดคล่องตัวคือคะแนนที่ได้จากการวาดภาพที่ชัดเจน สื่อความหมายได้ในแต่ละกิจกรรม เช่น กิจกรรมชุดที่ 1 ความคิดคล่องตัวมีเพียง 1 คะแนน กิจกรรมชุดที่ 2 คะแนนความคิดคล่องตัวสูงสุด 30 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดสิ่งแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับผู้อื่น โดยใช้เกณฑ์คำตอบของกลุ่มตั้งแต่ 1-5 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นความคิดที่แปลกและได้คะแนนมากที่สุด

3. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดที่นำมาตกแต่งความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ แล้วทำให้ได้ภาพชัดเจนและได้ความหมายสมบูรณ์ดังในภาพที่มีรายละเอียดแต่ละส่วน ให้คะแนนส่วนละ 1 คะแนน การคิดคะแนนความคิดละเอียดลออใช้ช่วงคะแนน เช่น จาก 1-5 = 1 คะแนน เป็นต้น

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อมี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข มีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อเหมาะสำหรับเด็กชั้นประถมปลาย - ระดับอุดมศึกษา

ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ แบบ ข เร้าให้ผู้สอบแสดงความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาในรูปของภาษา แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมชุดที่ 1 การตั้งคำถาม โดยให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด เพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามที่ตั้งนั้นย่อมไม่ใช่คำถามที่สามารถตอบได้เพียงแต่เหลือบดูรูปภาพเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากความคิด

ตัวอย่างคำถาม

ทำไมเด็กผู้ชายจึงมาที่สระน้ำ

ทำไมหูของเขาจึงใหญ่ ทำไมจึงแต่งตัวรุ่มร่าม

เสื้อผ้าของเขาเป็นสีอะไร

กิจกรรมชุดที่ 2 การเดาสาเหตุ โดยให้นักเรียนเขียนสาเหตุเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่แสดงในรูปภาพหน้า 1 มาให้มากที่สุด (ภาพเดียวกับกิจกรรมชุดที่ 1)

ตัวอย่างคำตอบ

เขาคงจะร้อน

เขาคงจะต้องมาพบใครที่นั่น

แม่คงจะทำโทษ

ตำรวจกำลังจะจับเขา

กิจกรรมชุดที่ 3 การเดาผลที่เกิดตามมา ให้นักเรียนเขียนผลที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ในภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับกิจกรรมที่ 1)

ตัวอย่างคำตอบ

เขาจะมาพบเพื่อนของเขา

ผึ้งจะต่อยเขา

ครอบครัวของเขาจะตายเพราะกินปลาเป็นพิษ

เขาต้องกลับบ้านช้า

กิจกรรมที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น ให้นักเรียนดัดแปลงช้างในภาพที่กำหนดให้ให้เป็นช้างที่น่ารักน่าเล่นด้วยและเป็นของเล่นที่เด็ก ๆ ชอบ และให้บอกมา หรือเขียนให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

ตัวอย่างคำตอบ

ทาสีช้างใหม่ให้เป็นสีชมพู

ทำตาช้างให้โตขึ้นและหูให้ห้อยลง

ทำกรงให้ช้างอยู่

ใส่เสื้อผ้าให้ช้างดูสวยงาม

กิจกรรมที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ ให้นักเรียนเขียนรายชื่อหรือบอกรายชื่อสิ่งของที่น่าสนใจและแปลกที่ทำจากกล่องกระดาษมาให้มากที่สุด

ตัวอย่างคำตอบ

ทำเป็นโปสเตอร์หรือแผนที่

ทำเป็นชั้นวางของ

ทำเป็นหีบบัตรลงคะแนน

ทำเป็นกล่องใส่หนังสือ

กิจกรรมชุดที่ 6 ตั้งคำถามแปลก ๆ ให้นักเรียนตั้งคำถามแปลก ๆ เกี่ยวกับกล่องกระดาษ

ตัวอย่างคำถาม

กล่องกระดาษแพงกว่ากล่องไม้หรือ

ทำไมกล่องกระดาษจึงใส่น้ำไม่ได้

อะไรจะเกิดขึ้นถ้าทุกสิ่งทุกอย่างทำด้วยกระดาษแข็ง

กล่องขนาดไหนที่ท่านคิดว่ามีประโยชน์มากที่สุด

กิจกรรมชุดที่ 7 การสมมุติอย่างมีเหตุผล ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่คิดหรือเดาว่าอะไรจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ที่กำหนดให้ เช่น สมมุติว่ามีก้อนเมฆมีเชือกผูกและปลายตรึงกับพื้นดิน อะไรจะเกิดขึ้น

ตัวอย่างคำตอบ

จะมีผู้นำตะกร้าไปแขวนเชือก

ฝนจะตกตรงบริเวณนั้น

อาจมีผู้ร้องเรียนรัฐบาล ถ้าเขาไม่สามารถตัดเชือกที่ห้อยมาเกะกะสนามของเขา

คนจะเอาเมฆไปขายเช่นเดียวกับบัลลูน

พายุจะเกิดตรงบริเวณนั้น

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบ โดยอาศัยรูปภาพ กล่าวคือ ให้คะแนนความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ดังตัวอย่างคำตอบในกิจกรรมชุดที่ 7 ดังนี้

คะแนนความคิดคล่องตัว 5

คะแนนความคิดยืดหยุ่น 4 (เพราะฝนตกตรงบริเวณนั้น และพายุจะเกิดตรงบริเวณนั้น เป็นคำตอบในทิศทางเดียวกัน)

คะแนนความคิดริเริ่มมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

- คำตอบที่มีผู้ตอบ 5 % หรือมากกว่า ให้ 0 คะแนน
- คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-4.99 % ให้ 1 คะแนน
- คำตอบที่มีผู้ตอบน้อยกว่า 2% ให้ 3 คะแนน

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ในประเทศไทย

การศึกษาเรื่องแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ในประเทศไทย ได้ศึกษาค้นคว้าจากแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษาที่มีชื่อเสียงในด้านความคิดสร้างสรรค์ของต่างประเทศ เช่น กิลฟอร์ด ทอแรนซ์ เป็นต้น โดยนำเอาแบบทดสอบเดิมมาดัดแปลงให้เหมาะสมกับเด็กไทย เช่น ในเรื่องคำสั่ง คำชี้แจง การดัดแปลงสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นต้น แต่หลักใหญ่ยังคงเดิม คือ เน้นการกำหนดสิ่งเร้าที่ช่วยให้เด็กคิด และวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่องตัว และความคิดละเอียดลออเช่นกัน

จรัสศรี พัวจินดาเนตร (2561) กล่าวถึงตัวอย่างเครื่องมือในการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ ได้จำแนกตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ก) การวัดรูปแบบทางความคิด (Measuring Cognitive Aspect) ในการวัดลักษณะนี้มีพื้นฐานจากองค์ประกอบของความคิดเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่อ้างอิงถึงกระบวนการพื้นฐานของการคิดที่นำไปสู่ผลงานเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งรวมไปถึงการระบุ หรือนิยามปัญหา การเลือกข้อมูลแวดล้อมที่สัมพันธ์กับปัญหาการคิดแบบอเนกนัย การประเมินค่าความคิด การคิดเชื่อมโยง และความคิดยืดหยุ่น แต่อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาการวัดความคิดสร้างสรรค์ในเชิงรูปแบบการคิดมักอ้างอิงเพียงการคิดอเนกนัยเท่านั้น เช่น แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ โดยมีรายละเอียดของแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ (Torrance Test Creative Thinking)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ ประกอบด้วยชุดการใช้รูปภาพและภาษา ในแต่ละชุดจะมีข้อสอบคู่ขนานกัน 2 ชุด ได้แก่ Form A และ Form B โดยชุดที่ใช้ภาษาที่ประกอบด้วยกิจกรรมการทดสอบ 5 กิจกกรม ได้แก่ การถามและคาดเดา การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การใช้ประโยชน์สิ่งที่ไม่น่าจะใช้ประโยชน์ได้แล้ว การตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่น่าจะเป็นประโยชน์แล้ว และการสมมติเรื่องและสภาพการณ์ โดยมีสิ่งเร้าของแต่ละงานที่มีภาพแสดง แต่จะใช้เขียนตอบ สำหรับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ ชุดรูปภาพ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม ได้แก่ การสร้างรูป การเติมรูปภาพ และการวาดรูปจากเส้นหรือรูปวงกลม ตัวอย่างกิจกรรมในแบบวัดชุดรูปภาพ 2 กิจกรรม

กิจกรรมการเพิ่มรูปภาพให้สมบูรณ์ให้นักเรียนเติมเส้นลงในรูปภาพซึ่งไม่สมบูรณ์ที่กำหนดให้จำนวน 10 รูปภาพ ให้เป็นรูปภาพหรือวัตถุที่น่าสนใจ เช่น นักเรียนเติมให้เป็นภาพมะม่วง ผีเสื้อ ผึ้ง หน้าคน เป็นต้น นักเรียนจะได้คะแนนความคล่องแคล่ว 4 คะแนน และคะแนนความคิดยืดหยุ่น 3 คะแนน เนื่องจากผึ้งและผีเสื้อเป็นคำตอบที่อยู่ในทิศทางหรือประเภทเดียวกัน ส่วนคะแนนความคิดริเริ่มจะมีพิสัยตั้งแต่ 0 ถึง 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์ในการให้ คะแนนดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบเท่ากับหรือมากกว่า 5%	ให้ 0 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบระหว่าง 2-4.9%	ให้ 1 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบน้อยกว่า 2%	ให้ 2 คะแนน

กิจกรรมเส้นตรง กำหนดเส้นตรงคู่ขนานให้นักเรียนวาดวัตถุ หรือรูปภาพโดยให้เส้นตรงคู่ขนานนั้นเป็นส่วนสำคัญของภาพ ถ้านักเรียนวาดเป็นรูปเรือใบ จรวด ถังขยะ กระป๋อง ต้นไม้ นักเรียนจะได้คะแนนความคิดคล่อง 5 คะแนน ได้คะแนนความคิดยืดหยุ่น 3 คะแนน เพราะว่าคำตอบ เรือใบและจรวดเป็นคำตอบที่อยู่ในทิศทางเดียวกันได้ 1 คะแนน ส่วนถังขยะและกระป๋องก็เป็นคำตอบที่อยู่ในทิศทางเดียวกันได้ 1 คะแนน คำตอบต้นไม้อีก 1 คะแนน รวมทั้งหมดได้คะแนนความคิดยืดหยุ่น 3 คะแนน ส่วนคะแนนความคิดริเริ่มจะมีพิสัยตั้งแต่ 1 ถึง 3 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบเท่ากับหรือมากกว่า 20%	ให้ 0 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบเท่ากับ 5 ถึง 19.99%	ให้ 1 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบเท่ากับ 2 ถึง 4.99%	ให้ 2 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบน้อยกว่า 2%	ให้ 3 คะแนน

ข) การประเมินผลที่ใช้ผลงานเป็นฐาน (Product-based Assessment)

เกณฑ์ในการประเมินผลงาน จะต้องมีลักษณะแปลกใหม่ (Newness) และมีคุณค่า (Value Serve) ซึ่งจำแนกเป็นลักษณะย่อยดังนี้

1. ความแปลกใหม่ (Newness)

1.1 ใหม่ในฐานะต้นคิด (New as original)

1.2 ใหม่จากกลุ่มอ้างอิง (New as statistically infrequency)

1.3 ใหม่ในลักษณะที่แตกต่างจากแนวทางทั่วไป (New as a change from the regular way)

1.4 ใหม่ในฐานะสร้างขึ้นใหม่ (New as renovated, rejuvenated or regenerated)

2. ควรมีคุณค่า (Value Serve) ประเมินจาก

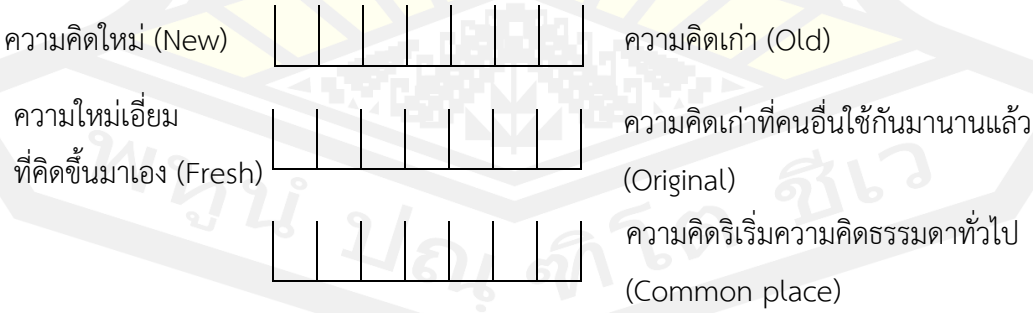
2.1 คุณค่าต่อผู้สร้าง (Value to the Creator)

2.2 คุณค่าต่อคนอื่น (Value to others)

ตัวอย่างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ผลงานเป็นฐาน ได้แก่ แบบเกณฑ์ประเมิน CPSS (Creative Product Semantic Scale) เป็นเครื่องมือที่เบสเมอร์และควิน (Besemer and Quin, 1986) ได้พัฒนาขึ้นจากทฤษฎีเมตริกการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน (Product Analysis Model: CPAM) ซึ่งประกอบด้วยสเกลย่อย (Subscale) ที่เป็นมาตร 2 ขั้ว (Bipolar Semantic Scale) ประเมินความคิดสร้างสรรค์ใน 3 มิติ ได้แก่ มิตินวภาพ มิติการแก้ปัญหา และมิติการต่อเติมเสริมแต่ง และการสังเคราะห์ การวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นการประเมินค่าตามมาตรจำแนก ซึ่งมีระยะห่างระหว่างคำคู่คุณศัพท์ 7 ช่อง มีข้อกระทง 80 ข้อ ดังตัวอย่างข้อกระทง เช่น

มิติ นวภาพ (Novelty)

มโนทัศน์ ความคิดริเริ่ม (Original)



ค) การวัดตามรูปแบบของสภาวะจิตหรือคุณลักษณะ (Measuring Conative Aspects)

ตัวอย่างเครื่องมือที่เกี่ยวกับการวัดตามรูปแบบของสภาวะจิตหรือคุณลักษณะที่พบได้โดยทั่วไปอาจเป็นแบบสำรวจหรือ แบบรายงานตนเอง โดยมีตัวอย่างของเครื่องมือ ดังนี้

1. แบบสำรวจกลุ่มสำหรับค้นหาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ทางความคิดสร้างสรรค์ (Group Inventory for Finding Creative Talent-GIFT)

แบบสำรวจ กิฟต์ (GIFT) ได้รับการพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซินแมดิสัน (University of Wisconsin-Madison) ในปี ค.ศ. 1975 โดยริมม์ (Rimm, 1976 อ้างอิงมาจาก Rimm and Davis, 1980) และริมม์และคณะ (Rimm and others, 1982) ว่าแบบสำรวจนี้สามารถใช้ได้ ตั้งแต่เด็กอนุบาลจนถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย 3 ฉบับ ได้แก่ สำหรับเด็กอนุบาลถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 (32 ข้อ) สำหรับระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-4 (34 ข้อ) และสำหรับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5-6 (33 ข้อ) ข้อคำถามให้ผู้ทำตอบ “ใช่” หรือ “ไม่” เกี่ยวกับความสนใจ ทัศนคติโดยใช้เวลาในการทำแบบสำรวจประมาณ 20-45 นาที อยู่กับวัยของนักเรียน ซึ่งลักษณะของบุคคลที่อยู่ในแบบสำรวจ ได้แก่

(ก) ความมีจินตนาการ (Imagination) ประกอบด้วย ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) มีอารมณ์ขัน (Humor) จำนวน 10 ข้อ

(ข) ความมีอิสระ (Independence) ประกอบด้วย ชอบความเป็นส่วนตัว (Aloneness) มีความพากเพียร อุตสาหะ (Perseverance) พยายามทำกิจกรรมใหม่ ๆ และไม่กลัวที่จะต้องแตกต่างจากเพื่อน จำนวน 15 ข้อ

(ค) ความสนใจที่หลากหลาย (Many Interests) มีความสนใจในศิลปะ การเขียน และต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องราวที่ผ่านมานานแล้วหรือต่างประเทศ และมีงานอดิเรกที่หลากหลายมีความสนุกกับงานเหล่านั้น จำนวน 6 ข้อ

(ง) ชีวประวัติ (Biography) จำนวน 2 ข้อ

2) แบบรายงานตนเอง Kaufman Domain of Creativity Scales (K-DOCS)

แบบรายงานตนเองชื่อ Kaufman Domain of Creativity Scales (K-DOCS) โดย คอฟแมน (Kaufman, 2012) เป็นแบบรายงานตนเองที่สร้างขึ้น โดยเป็นรายการของพฤติกรรม 94 พฤติกรรมที่ถูกระบุจากรายการ และได้ถูกจัดทำเป็นข้อคำถามในแบบสอบถามด้านความคิดสร้างสรรค์ Creativity Domain Questionnaire (CDQ) ซึ่งได้รับการแปลมาเป็นพฤติกรรม โดยให้ผู้ตอบประมาณจากอายุของตนเองและประสบการณ์ในชีวิต แล้วให้คะแนนตนเองเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของตนเองในแต่ละการกระทำ โดยมีระดับคะแนน 5 ระดับ จาก 1 ถึง 5 คะแนน

คือ ระดับ คะแนนน้อยสุดเท่ากับ 1 หมายถึง มีความคิดสร้างสรรค์น้อยมาก และมากสุดเท่ากับ 5 คะแนน หมายถึง มีความคิดสร้างสรรค์อย่างมาก

จากการศึกษาการวัด และประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ และตัวอย่างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ และแบบประเมินการออกแบบชิ้นงานนักเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยประยุกต์ลักษณะแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อของ Torrance โดยจะวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดยืดหยุ่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม (2560) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.38 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 69.58 เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.00 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 79.17

ชนัฏดา ภูโปร่ง (2560) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา ค่า E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 79.24/76.22 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 ค่าคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบทักษะความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากการประเมินด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และค่าความสัมพันธ์ของกลุ่มเป้าหมาย เท่ากับ .38 แสดงว่าระหว่างตัวแปรมีความคิดเห็นว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สมรัก อินทวิมลศรี (2561) ศึกษาผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนมีความสามารถระดับดีขึ้นไปในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ภิญโญ วงษ์ทอง (2562) จัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยผลการวิจัย พบว่า นักเรียนทุกคนมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน แสดงว่านักเรียนแต่ละคนมีคะแนนความก้าวหน้าในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยและมีค่าดัชนีประสิทธิผลของคะแนนวิทยาศาสตร์ที่แสดงความก้าวหน้าทางพัฒนาการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 60 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหา เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหา และสามารถค้นหาคำตอบหรือเรียนรู้ด้วยการลงมือทำ (Learning by doing) ด้วยตนเอง มีการเชื่อมโยงความรู้จากศาสตร์อื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ เกิดการเรียนรู้และเกิดทักษะตามกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry–based Learning) โดยมีครูให้คำปรึกษาและแนะนำ ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมอยู่ในระดับดี และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education อยู่ในระดับดีมาก

พสธร วงค์ชารี (2562) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การนำเสนอสถานการณ์ การออกแบบสร้างสรรค์ การสร้างความจับใจ และต่อยอดปัญหาใหม่ และพบว่าการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีการพัฒนาขึ้น แสดงได้จากคะแนนการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งจัดอยู่ในระดับพอใช้ ระดับดี และระดับดีมาก ตามลำดับ จากผลการประเมินจะเห็นว่านักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลความรู้ เกี่ยวกับเนื้อหาผ่านทางเทคโนโลยีสารสนเทศ นำความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการระดมความคิดในการออกแบบชิ้นงานที่แปลกใหม่ หรือแตกต่างจากของเดิม การนำเสนอผลงานและรับฟัง

ความคิดเห็นการวิจารณ์ของผู้อื่น เพื่อนำมาพัฒนางานของตนเอง แสดงให้เห็นถึงคุณค่า และการนำไปใช้ได้จริงของผลงานที่ผู้เรียนได้ออกแบบสร้างสรรค์

พรทิพย์ สังเกต (2564) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี

ธัญชนก ทาระเนตร (2564) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอนเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ณัฐพงษ์ เทศทอง (2564) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM หลังเรียน ($\overline{X}$ = 21.65, S.D. = 1.98) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$ =11.75, S.D. = 4.38) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การจัดการเรียนรู้

สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM ในภาพรวมมีพัฒนาการสูงขึ้น ผลการประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ต่อการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM โดยภาพรวมมีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM โดยภาพรวมมีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี

งานวิจัยต่างประเทศ

Tri Puji Lestari, Sarwi และ Sri Susilogati Sumarti (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐาน เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า รูปแบบการเรียนรู้สะเต็มที่เน้นโครงงานเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และตอบสนองต่อการเผชิญกับปัญหาเช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์มากกว่าการเรียนรู้ด้วยโครงงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถกำหนดแนวคิดของการเรียนรู้ และเชื่อมโยงกับการใช้งานได้จริง การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของห้องเรียนทดลองที่ 1 นักเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง 23% และระดับปานกลาง 77% ในขณะที่ห้องเรียนทดลองที่ 2 อยู่ในเกณฑ์ระดับสูง 4% และระดับปานกลาง 96% สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐาน สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้มากกว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้ด้วยโครงงานเท่านั้น อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ตอบสนองในการเผชิญกับปัญหาที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

Wandari และคณะ (2018) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิด STEAM ที่มีต่อการสร้างองค์ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการเรียนรู้ เรื่อง แสง และทัศนศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิด STEAM มีผลอย่างมากต่อการสร้างองค์ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียน สังเกตได้จากผลคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่นัยสำคัญ 0.78 ซึ่งมีพัฒนาการสูง การใช้แนวคิด STEAM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านเกณฑ์ความคิดสร้างสรรค์จาก Creative Product Semantic Scale (CPSS) ที่พัฒนาโดย O'Quinn และ Bessemer ซึ่งเน้นที่ความแปลกใหม่ ความละเอียด และความประณีต พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้านความคิดริเริ่ม เพิ่มขึ้น 76% ความละเอียดลออ 78% ในขณะที่ความละเอียดรอบคอบ และการสังเคราะห์เพิ่มขึ้น 69% ความคิดสร้างสรรค์ทั้งหมดจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

Rahmawati และคณะ (2019) พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ ผ่านการบูรณาการ STEAM ในการเรียนรู้วิชาเคมี การศึกษาภายใต้บริบทปัญหาในชีวิตจริงของอินโดนีเซีย องค์ประกอบที่สำคัญของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ได้รับการกระตุ้นโดยการคิด และการตั้งคำถามด้วยตนเอง ตามด้วยการกำหนดปัญหา

การตรวจสอบหลักฐาน การวิเคราะห์สมมติฐาน และการพิจารณาการตีความอื่น ๆ การบูรณาการ STEAM ในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี และสาขาวิชาต่าง ๆ ได้ผ่านการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้นักเรียนเข้าใจการทำงานในโครงการในชีวิตจริงผ่านการทำงานร่วมกัน และการใช้ความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ

Indri Patresia และคณะ (2020) ได้พัฒนาเอกสารประกอบการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน โดยใช้แนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า เอกสารประกอบการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน โดยใช้แนวคิด STEAM จัดเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ และมีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้เป็นผู้เชี่ยวชาญการเรียนรู้ และครู โดยคะแนน N-gain ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากใช้เอกสารประกอบการเรียนวิชาชีววิทยา โดยใช้แนวคิด STEAM มีค่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สรุปได้ว่า เอกสารประกอบการเรียนที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ สามารถเผยแพร่ และนำไปใช้ในการเรียนรู้ทางชีววิทยาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อเกี่ยวกับระบบนิเวศ

Syukri และคณะ (2021) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ PjBL ตามแนวทาง STEM เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน วิชาฟิสิกส์ งานวิจัยกล่าวถึงการพัฒนา ADDIE ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การนำไปปฏิบัติ และ 5) การประเมิน ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ PjBL ตามแนวทาง STEM ดำเนินการจัดการข้อมูลโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สเกล Likert ได้ผลการประเมินตามแผนโปรแกรมการเรียนรู้ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.45 ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์โดยรวม 82% และการประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ PjBL ตามแนวทาง STEM ของครูโดยรวม 89% ด้วยเกณฑ์ที่เป็นไปได้อย่างมาก จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ PjBL ตามแนวทาง STEM นั้นสามารถใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการสืบเสาะหาความรู้ และลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนมีความกระตือรือร้น อยากเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ส่งผลทำให้ระดับผลการเรียนของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่นำมาใช้แก้ปัญหาของนักเรียน นักเรียนสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง และประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน ทำให้มีความรู้ความสามารถในการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีคุณภาพ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งดำเนินการตามลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน (Research: R1) ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา (Development:D1) ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา (Research: R2) และระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Development: D2) โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม แล้วสุ่มห้องเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้อง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 42 คน และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 510 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ระยะการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน

1.1 แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.2 แบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.3 แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.4 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ อ้างอิงจาก รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม (2560)

1.5 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ อ้างอิงจาก อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560)

2. ระยะการพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

3. ระยะการนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา

3.1 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ

3.3 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

4. ระยะการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ระยะการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน

1.1 แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนด้านจุดเด่นและจุดด้อย ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.1.1 ศึกษาการสร้างแบบสังเกต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสังเกต

1.1.2 กำหนด และวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการจะสังเกตตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย

1.1.3 สร้างแบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.1.4 นำแบบสังเกตที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของข้อสังเกต

1.1.5 นำแบบสังเกตที่ผ่านการตรวจสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ดังนี้

1) นายรุ่งระวี ศิริบุญนาม ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

2) นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3) ดร.ตวัญจ์ลักษณ์ พวงนิล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านหวาย อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

4) นายพัฒนพงษ์ จันทร์สว่าง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

5) นางสุภาวดี พันแซง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบสังเกต คือ ปรับข้อสังเกตที่ใช้ในการสำรวจสภาพปัญหาให้ครอบคลุม ไม่เฉพาะเจาะจงพฤติกรมด้านใดด้านหนึ่ง

1.1.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ คำนึงถึงความเหมาะสม และความสอดคล้องของข้อสังเกตกับจุดประสงค์การวัด

1.1.7 นำแบบสังเกตที่ผ่านการตรวจสอบมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และใช้ในการบันทึกการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.2 แบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รายวิชาวิทยาศาสตร์

1.2.2 วิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการจะสอบถาม ด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2.3 สร้างแบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน ด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2.4 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจน

1.2.5 นำแบบสอบถามมาปรับปรุงข้อคำถามตามวัตถุประสงค์ในการวัด และตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.2.6 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสอบถาม คือ ปรับข้อคำถามที่ใช้ในการสอบถามให้กระชับ มีความเหมาะสมกับนักเรียน

1.2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ คำนึงถึงความเหมาะสมของคำถาม และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัด

1.2.8 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และใช้ในการบันทึกการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.3 แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.3.1 ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์

1.3.2 วิเคราะห์ความเหมาะสมของรูปแบบของแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้น

1.3.3 สร้างแบบสัมภาษณ์ครูผู้สอนสอนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.3.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของข้อคำถาม

1.3.5 นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พิจารณา และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสัมภาษณ์ คือ ปรับข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนกรทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.3.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ คำนึงถึงความเหมาะสมของคำถาม และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัด

1.3.7 นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และใช้ในการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์

1.4 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของ รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม (2560) โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มาใช้ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน ก่อนจัดกิจกรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

1.5 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของอับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ มาทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน ก่อนจัดกิจกรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

2. ระยะการพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

2.1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในเนื้อหาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

2.1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 แผน ใช้เวลาแผนละ 6 ชั่วโมง ปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช	การสืบพันธุ์ของพืช แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเกิดขึ้นที่ดอก เกสรเพศผู้มีเรณูสร้างสเปิร์ม เกสรเพศเมียมีถุงเอ็มบริโอสร้างเซลล์ไข่ การถ่ายเรณูเป็นการเคลื่อนย้ายเรณูจากอับเรณู ไปยังยอดเกสรเพศเมียหลังการปฏิสนธิจะได้ไซโกต และเอนโดสเปิร์ม ไซโกตจะพัฒนาต่อไปเป็นเอ็มบริโอ เอนโดสเปิร์มเป็นเนื้อเยื่อในเมล็ดทำหน้าที่สะสมอาหาร การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ พืชต้นใหม่พัฒนาและเจริญเติบโตจากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของต้นเดิม ยกเว้น ดอก มนุษย์สามารถเพิ่มจำนวนพืชโดยการขยายพันธุ์พืช การเลือกวิธีขยายพันธุ์พืชควรเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของพืชและความต้องการของมนุษย์	1. นักเรียนสามารถอธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะโครงสร้างของดอกได้ 3. นักเรียนสามารถบรรยายการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผล และเมล็ด การกระจายเมล็ด และการงอกของเมล็ดได้ 4. นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชดอก 5. นักเรียนสามารถเลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์ได้ 6. นักเรียนตระหนักถึงประโยชน์การขยายพันธุ์พืชโดยการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน 7. นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญของเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการใช้ประโยชน์ได้	6

ตาราง 4 (ต่อ)

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
2	การเจริญเติบโตของพืช (การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ธาตุอาหารของพืช การลำเลียงน้ำ และอาหารของพืช)	การสังเคราะห์ด้วยแสงต้องใช้แสง น้ำคลอโรฟิลล์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลผลิตที่ได้ คือ น้ำตาล และแก๊สออกซิเจน พืชต้องการธาตุอาหารเพื่อเป็นองค์ประกอบของน้ำตาล และสารประกอบเคมีอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในกาเจริญเติบโต และดำรงชีวิต พืชใช้รากในการดูดน้ำ และธาตุอาหารจากดิน และลำเลียงผ่านไซเล็มขึ้นไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช อาหารที่พืชสร้างขึ้นที่ใบจะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชผ่านทางโฟลเอ็ม	1. นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่จำเป็น และผลผลิตที่เกิดจากกการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมได้ 3. นักเรียนตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม 4. นักเรียนสามารถบรรยายลักษณะและหน้าที่ของไซเล็ม และโฟลเอ็มได้ 5. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพที่บรรยายทิศทางการลำเลียงสารในไซเล็มและโฟลเอ็มได้ 6. นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และดำรงชีวิตของพืชได้ 7. นักเรียนสามารถเลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะสมกับพืชได้	6

2.1.4 ศึกษาเอกสาร แนวคิด หลักการ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

2.1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล จากนั้นนำมาปรับปรุงแล้วพัฒนาต่อให้เป็นฉบับสมบูรณ์

2.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงเนื้อหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบกิจกรรม ความถูกต้องขององค์ประกอบของแผนการเรียนรู้และแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

2.1.8 ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย เพื่อเทียบกับเกณฑ์ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert’s Method) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.51 ถึง 5.00 จึงถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ที่นำไปใช้ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.67 และ S.D. เท่ากับ 0.40 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 15) และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.91 และ S.D. เท่ากับ 0.17 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 16) แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 แผน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

2.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงให้มีความความถูกต้องของเนื้อหา รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา และความเหมาะสมของกิจกรรม

การเรียนรู้ จากนั้นจัดพิมพ์แผนการเรียนรู้เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไป Try Out กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.1.10 นำผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการ Try Out มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุง และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ฉบับปรับปรุง

2.1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงให้มีความความถูกต้องของเนื้อหารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นจัดพิมพ์แผนการเรียนรู้เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

3. การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา

3.1 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียน ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด 30 ข้อ ทักษะละ 6 ข้อ ต้องการใช้ข้อสอบจริงทั้งหมด 20 ข้อ ทักษะละ 4 ข้อ ใช้ในการทดสอบหลังเรียน หลังจากจัดกิจกรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ครบทั้ง 2 แผน มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3.1.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**จำนวนข้อสอบ**	
		ที่ออก	**ที่ใช้**
1. การตั้งสมมติฐาน	นักเรียนสามารถทำนายผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ทราบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวกับสิ่งที่ทำนายมาก่อน	6	4

ตาราง 5 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
		ที่ออก	ที่ใช้
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	นักเรียนสามารถกำหนดความหมาย และขอบเขตของตัวแปรที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบให้เข้าใจตรงกัน	6	4
3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	นักเรียนสามารถบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในการทดลองหนึ่ง ๆ ได้	6	4
4. การทดลอง	นักเรียนสามารถการวางแผน ทดลอง และควบคุมการทดลองได้อย่างเหมาะสม เลือกแบบแผนการทดลองได้ดี เหมาะสม สะดวกในการปฏิบัติ ง่ายแก่การดำเนินการ และสามารถวัดได้	6	4
5. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	นักเรียนสามารถแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะของข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้	6	4
รวม		30	20

3.1.3 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ แล้วนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของข้อคำถาม

3.1.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการที่ผ่านการตรวจสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.1.5 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ โดยมีแบบทดสอบทั้งหมด 30 ข้อ ผลการพิจารณาพบว่า แบบทดสอบมีคุณภาพ 0.60 - 1.00 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 17) ซึ่งผ่านการพิจารณาความสอดคล้อง และความเหมาะสมทุกข้อ

3.1.6 แก้ไข ปรับปรุงแบบทดสอบตามคำแนะนำ ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

3.1.7 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้วิธีของ เบรนแนน (Brennan) ของแบบทดสอบทั้งหมด 30 ข้อ พบว่า แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.02 - 0.61 และมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.79 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 18) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 - 0.80 ไว้จำนวน 20 ข้อ ผลการทดสอบพบว่า แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.25 - 0.61 และมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.48 - 0.79 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 19)

3.1.8 นำแบบทดสอบที่คัดไว้ จำนวน 20 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett) r_{cc} พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.98 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 19)

3.1.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ แล้วนำแบบทดสอบไปใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

3.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Torrance ได้แก่ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดยืดหยุ่น และ 3) ความคิดริเริ่ม

3.2.2 วิเคราะห์ และสร้างแบบทดสอบตามนิยาม ซึ่งเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามวิธีการให้คะแนนของ แ และมีการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อให้เหมาะสมกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

3.2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเที่ยงตรงโดยให้ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.2.4 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ เพื่อนำไปใช้ พบว่า มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 0.80 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 20) จากข้อสอบทั้งหมด 6 ข้อ เลือกใช้ข้อสอบ 3 ข้อ เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.2.5 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาปรับปรุงข้อคำถามจากนั้นจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์

3.2.7 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของเครื่องมือวิจัย

3.2.8 นำแบบทดสอบ เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งฉบับ ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) ได้ผลดังนี้ ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 – 0.61 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.87 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 21) วิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือ และปรับแบบทดสอบไปให้มีความชัดเจนขึ้น

3.2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ แล้วนำแบบทดสอบไปใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

3.3 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

3.3.1 ศึกษาบทความทางวิชาการ และบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัด ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ (Torrance) เพื่อกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน

3.3.2 ออกแบบแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนโดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ตามแนวคิดของ Torrance ได้แก่ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดยืดหยุ่น และ 3) ความคิดริเริ่ม

3.3.3 สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคให้สอดคล้อง และเหมาะสมกับเนื้อหา จำนวน 15 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ๆ ละ 5 ข้อ

3.3.4 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของข้อคำถาม

3.3.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.3.6 ตรวจให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนพิจารณา 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยแต่ละองค์ประกอบแบ่งคะแนนออกเป็น 5 ระดับ

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับดีมาก

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับดี

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับปรับปรุง

1 หมายถึง ไม่เหมาะสม

3.3.7 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเที่ยงตรง โดยให้ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัด โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.3.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัด โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) แล้วคัดเลือกข้อมีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50 - 1.00 พบว่า มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 0.80 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 22) ซึ่งเป็นข้อที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้เพื่อนำไปใช้

3.3.9 นำแบบประเมินมาปรับปรุงข้อคำถาม จากนั้นจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ แล้วนำแบบประเมินไปใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

4. ระยะการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้

4.2 สร้างแบบประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผล จำนวน 20 ข้อ แบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert's Method) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแบบประเมิน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับดีมาก

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับดี

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับปรับปรุง

1 หมายถึง ไม่เหมาะสม

4.3 นำแบบประเมินเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ความชัดเจนของข้อคำถาม

4.4 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเที่ยงตรง โดยให้ประเมินระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัด โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ชุดเดิม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

4.5 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัด โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 พบว่า มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 (ดังปรากฏในภาคผนวก ง ตาราง 23) ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ เพื่อนำไปใช้

4.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดพิมพ์แบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบ จำนวน 20 ข้อ และนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยดำเนินการ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน (Research: R1) ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา (Development:D1) ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา (Research: R2) และระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Development: D2) ซึ่งได้วางแผนการดำเนินงาน ปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 การวางแผนดำเนินงาน

ระยะ	จุดประสงค์	เครื่องมือ	กลุ่มตัวอย่าง	ผล
ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน (Research: R1)	เพื่อสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม	1. แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน 2. แบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน 3. แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอนเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม 4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน - ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน	- ผลจากการสังเกต - ผลจากการสอบถาม - ผลจากการสัมภาษณ์ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ - ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 6 (ต่อ)

ระยะ	จุดประสงค์	เครื่องมือ	กลุ่มตัวอย่าง	ผล
ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา (Development:D1)	เพื่อดำเนินการพัฒนา และหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้	- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 จำนวน 42 คน	- E_1/E_2 - แนวทางการจัดการเรียนรู้
ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา (Research: R2)	เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพ 80/80 และมีทักษะ	1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน	- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน	- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ - t-test - นวัตกรรมจาก STEAM

ตาราง 6 (ต่อ)

ระยะ	จุดประสงค์	เครื่องมือ	กลุ่มตัวอย่าง	ผล
	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน			
ระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Development: D2)	เพื่อประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่สร้างขึ้น	แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้	- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน	- ผลการประเมิน

ระยะที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน (Research : R1)

วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รายวิชาวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนด

2. สังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

3. สอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน ด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน ด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

4. สัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ท่านอื่น เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

5. ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา (Development : D1)

วัตถุประสงค์

เพื่อดำเนินการพัฒนา และหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

2. สังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมในการการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ในเนื้อหาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

4. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช และทดลองใช้ Try Out กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากกลุ่มทดลองใช้ Try Out เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา (Research : R2)

วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

วิธีดำเนินการ

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุง มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

2. ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

3. ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

ระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Development : D2)

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่สร้างขึ้น

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาการสร้างแบบประเมินจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2. สร้างแบบประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผล

3. นำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 ประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบ ดังนี้

1. การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ โดยการวิเคราะห์ผลการสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน การสอบถาม และการสัมภาษณ์ในการจัดการเรียนรู้

2. การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประเมินการสร้างชิ้นงานของนักเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และประเมินการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ โดยการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูล โดยเลือกใช้สถิติดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$P = \frac{f \times 100}{n}$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ
f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ของคะแนนโดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X แทน ค่าคะแนน

n แทน จำนวนสมาชิก

Σ แทน ผลรวม

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช โดยใช้สูตร E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

$\sum x$ แทน คะแนนรวมระหว่างผลการทดสอบระหว่างเรียน

A แทน คะแนนเต็มของการทดสอบระหว่างเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน คะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2.2 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) คำนวณโดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.3 การหาค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบ ใช้วิธีการดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.4 การหาอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีของเบรนเนน (Brennan) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนก

U แทน จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

L แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

n_1 แทน จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์

2.5 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้วิธีการของ โลเวท (Lovett) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

X_i แทน คะแนนของแต่ละข้อ

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

2.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\propto = \frac{K}{K-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_i^2}\right]$$

เมื่อ $\propto$ แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

K แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 การทดสอบค่าที (t - test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Sample) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน โดยใช้สูตรของวรรณี แกมเกตุ (2555)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
t	แทน	ค่าความแตกต่าง หรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
*	แทน	มีระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($p<0.05$)

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 ผลการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน

ระยะที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์การสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ระยะที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์การสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ระยะที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์การสัมภาษณ์ครูผู้สอน เกี่ยวกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

ผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ระยะที่ 3 ผลการนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา

ระยะที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ระยะที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ระยะที่ 4 ผลการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน

ผลการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียนปัจจุบัน และปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้

ระยะที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์การสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Study) โดยใช้แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สภาพปัญหาในชั้นเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งมีเวลาค่อนข้างน้อยในการสรุปความรู้ เชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เนื้อหาใน

หลักสูตรมีมาก ครูส่วนใหญ่จึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ โดยการบรรยายและให้นักเรียนท่องจำ จด เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองน้อย ขาดการทำกิจกรรมกลุ่ม และการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียน

2. จุดเด่น นักเรียนให้ความร่วมมือเต็มความสามารถในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสนใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติตามครูคำสั่งของครูได้ดี

3. จุดด้อย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนออกแบบแผนผังความคิด ออกแบบการทดลอง ประดิษฐ์ชิ้นงานต่าง ๆ ที่ได้รับจากการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ทันในเวลาที่กำหนด แต่ชิ้นงานส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีความหลากหลาย นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบคิด หรือออกแบบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่เดิม หรือตัวอย่างที่มีในหนังสือเรียน มักจะมีแนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่ม และความคิดที่มีความแปลกใหม่

ระยะที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จากการสอบถามนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 4 ทักษะ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะการคิดเชิงคำนวณและทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มากที่สุด จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 95.24 ขาดทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ขาดทักษะการออกแบบ และเทคโนโลยี จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 76.19 และขาดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 น้อยที่สุด จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 42.86

2. ทักษะกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการให้ครูส่งเสริมมากที่สุด คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 54.76 ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.81 ทักษะการคิดเชิงคำนวณจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.76

3. ข้อเสนอแนะของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนอยากให้ครูเน้นการจัดกิจกรรมการทดลอง เพราะนักเรียนชอบทำกิจกรรมกลุ่ม เมื่อได้ใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่มีความแปลกใหม่ ทำให้มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น

ระยะที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 คน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ด้านการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จะมีการ PLC ร่วมกันในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อยู่เสมอ โดยอิงเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ใช้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ควบคู่กับการใช้คู่มือครู มีการจัดกิจกรรมการทดลอง ใช้แบบฝึกหัดต่าง ๆ ตามหนังสือเรียน บางกิจกรรมใช้วิธีการสาธิต หรือให้นักเรียนศึกษาจากคลิปวิดีโอ และเน้นการสอนแบบบรรยาย การวัด และประเมินผลเป็นการประเมินหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบรายบุคคล ซึ่งยังขาดวิธีการประเมินที่มีความหลากหลาย ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ที่ครูร่วมกันออกแบบสามารถนำไปปรับใช้ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละห้อง

2. ด้านปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากเนื้อหาในหลักสูตรมีค่อนข้างมาก เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาในเวลาที่จำกัด ครูจึงใช้วิธีการสอนแบบบรรยายเป็นหลัก เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจก็เน้นให้ท่องจำ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองน้อย ขาดการทำกิจกรรมกลุ่ม และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียนน้อย จึงทำให้เกิดความเบื่อในเนื้อหาวิชา ไม่ตั้งใจเรียน อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนไม่กล้าแสดงออก ไม่มีความมั่นใจในตนเอง ไม่กล้าถามตอบ กลัวตอบผิด เมื่อเรียนไม่เข้าใจไม่กล้าถามเพื่อนหรือครู และไม่ชอบศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการคิดของนักเรียน

3. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ครูส่วนใหญ่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นหลัก มีการปรับประยุกต์กิจกรรมต่าง ๆ ให้มีความสอดคล้อง และเหมาะสมกับเนื้อหา มีการใช้แบบฝึกหัด และแบบทดสอบต่าง ๆ ในหนังสือเรียนมีการจัดทำใบงานเพิ่มเติมให้ครอบคลุมเนื้อหา นอกจากนี้ครูยังคงใช้วิธีการสอนแบบบรรยายควบคู่กับการใช้ Power Point ประกอบเนื้อหาให้นักเรียนจดเนื้อหาเพิ่มเติมลงในสมุด แล้วทำแบบฝึกหัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งมีเวลาค่อนข้างน้อยในการสรุปความรู้ เชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และมีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับสาขาวิชาอื่น ๆ น้อย ทำให้การประยุกต์ของนักเรียนแต่ละบุคคลแตกต่างกันไป

4. ด้านบทบาทครู และนักเรียน ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูมีบทบาทสำคัญมากในการเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูมีความพร้อมในด้านการเตรียมสอน เตรียมสื่อ อุปกรณ์ต่าง ๆ และกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้อง เหมาะสมกับเนื้อหา นักเรียนมี

บทบาทในการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูวางไว้ ซึ่งมีหลากหลายวิธี แต่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์และสรุปองค์ความรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องเรียนค่อนข้างน้อย ทำให้นักเรียนขาดทักษะในการปฏิบัติ

5. ด้านการสนับสนุนการเรียนการสอน มีสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ ในบางเนื้อหาหรือบางการทำกิจกรรมมีค่อนข้างจำกัด บางอย่างอุปกรณ์ไม่ครบถ้วน ครูจะนำอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ จัดหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะ และการเรียนรู้มากขึ้น แต่การจัดบรรยากาศในห้องเรียนยังไม่เอื้อต่อการทำกิจกรรมกลุ่ม เนื่องจากห้องปฏิบัติการทดลองไม่เพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน จึงต้องจัดกิจกรรมในห้องเรียนปกติ ซึ่งการจัดโต๊ะในห้องเรียนปกติของนักเรียนจัดเป็นแถวเรียงหน้ากระดาน ทุกครั้งที่มีการร่วมกิจกรรมกลุ่มจะต้องมีการจัดโต๊ะใหม่ทำให้มีเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้น้อยลง และในห้องเรียนยังขาดมุมความรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนในเนื้อหานั้น ๆ ที่จะทำให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรม

6. ลักษณะพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากครูยังคงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ โดยการบรรยาย และให้นักเรียนท่องจำ เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยากที่จะเข้าใจ เมื่อมีการจัดกิจกรรมกลุ่มสำหรับการทดลองนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดลองได้ตามขั้นตอนในหนังสือเรียน หรือตามที่ครูบอก แต่ยังไม่สามารถตั้งคำถาม หรือปัญหาจากสิ่งที่สังเกตเห็นซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนไม่สามารถกำหนดสมมติฐาน ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและไม่สามารถออกแบบการทดลองเองได้

7. ลักษณะพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เมื่อมีสถานการณ์ที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิด หาวิธีการ หรือคำตอบ ให้ได้หลากหลายวิธี นักเรียนจะมีวิธีการคิดหรือหาคำตอบได้น้อย เมื่อได้คำตอบแล้วจะไม่ค้นหาวิธีการหรือคำตอบอื่นเพิ่มเติม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบคิดเอง ไม่ชอบแสดงความคิดเห็น จะทำตามที่ครูบอก และต้องมีตัวอย่างให้สามารถลอกเลียนแบบได้ บางคนไม่สนใจคิดหาคำตอบด้วยตนเองรอลอกคำตอบจากเพื่อน

ผลการศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สรุปได้ว่า จุดเด่นในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ คือ ครูมีวิธีการสอนเนื้อหาที่เชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้กับสิ่งใกล้ตัว นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม อีกทั้งยังมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติตามครูคำสั่งของครูได้ดี ด้านการสนับสนุนการเรียนการสอนของครูมีการจัดเตรียมสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ แม้ในบางเนื้อหาหรือบางกิจกรรมจะมีสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ ค่อนข้างจำกัด ครูมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะ และการเรียนรู้

มากที่สุด แต่ยังมีจุดด้อยในการจัดการเรียนรู้ที่เนื้อหาในหลักสูตรมีค่อนข้างมาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่จึงยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ โดยเน้นการบรรยาย และให้นักเรียนท่องจำ จด เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ นักเรียนจึงได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองน้อย การบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับสาขาวิชาอื่น ๆ ค่อนข้างน้อย ทำให้นักเรียนขาดทักษะขาดการวิเคราะห์ และการเชื่อมโยงความรู้ เมื่อมีการจัดกิจกรรมการทดลองนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองตามขั้นตอนในหนังสือเรียนได้ แต่ไม่สามารถตั้งคำถามหรือปัญหาจากสิ่งที่สังเกตเห็น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียน เมื่อมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความมั่นใจในตนเอง ไม่กล้าถามตอบ ไม่กล้าคิด หรือออกแบบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่เดิม หรือตัวอย่างที่มีในหนังสือเรียน มักจะมีแนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่ม และความคิดที่แปลกใหม่ ครูจึงควรมีการส่งเสริมการฝึกทักษะ และการคิด จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลนี้เชื่อมโยงกับทฤษฎีและแนวคิด เพื่อออกแบบการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

ระยะที่ 1.4 ผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของ รัตน์ดาวัลวรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม (2560) ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน ก่อนจัดกิจกรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ได้ผลปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

n = 42

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละ
การตั้งสมมติฐาน	4	1.90	0.58	47.62
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	4	1.76	0.66	44.05
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	4	1.10	0.69	27.38
การทดลอง	4	1.29	1.11	32.14
การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป	4	1.26	0.63	31.44
รวม	20	7.31	1.88	36.55

จากตาราง 7 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน มีคะแนนผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ทั้ง 5 ทักษะ รวมคิดเป็นร้อยละ 36.55 เมื่อแยกรายทักษะ พบว่า มีทักษะการตั้งสมมติฐานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.62 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 44.05 การทดลอง คิดเป็นร้อยละ 32.14 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป คิดเป็นร้อยละ 31.44 และการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดเป็นร้อยละ 27.38 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.31 และ S.D. เท่ากับ 1.88

ระยะที่ 1.5 ผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของ อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) มาทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน ก่อนจัดกิจกรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ได้ผลปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

n = 42

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละ
ความคิดริเริ่ม	12	4.48	1.55	37.30
ความคิดคล่องแคล่ว	12	6.43	1.47	53.57
ความคิดยืดหยุ่น	12	3.83	1.29	31.94
รวม	36	14.74	2.57	40.94

จากตาราง 8 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน มีคะแนนผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน รวมคิดเป็นร้อยละ 40.94 เมื่อแยกรายด้าน พบว่ามีความคิดคล่องแคล่วมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.57 ความคิดริเริ่ม คิดเป็นร้อยละ 37.30 และความคิดยืดหยุ่นน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.94 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 14.74 และ S.D. เท่ากับ 2.57

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) ของ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และด้านความคิดสร้างทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้		**คะแนนเต็ม**	$\bar{X}$	**S.D.**	**ร้อยละ**
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	คะแนนกระบวนการ (E_1)	20	16.21	0.90	81.07
	คะแนนผลลัพธ์ (E_2)	20	16.05	1.34	80.24
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนนกระบวนการ (E_1)	90	73.93	6.67	82.14
	คะแนนผลลัพธ์ (E_2)	36	29.19	3.68	81.08

จากตาราง 9 พบว่า การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนการทดสอบย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 16.21 คะแนน S.D. เท่ากับ 0.90 และคิดเป็นร้อยละ 81.07 และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพผลลัพธ์จากคะแนนการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการหลังเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 16.05 คะแนน S.D. เท่ากับ 1.34 และคิดเป็นร้อยละ 80.24 (ดังปรากฏในภาคผนวก จ ตาราง 26)

นอกจากนี้การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 73.93 คะแนน S.D. เท่ากับ 6.67 และคิดเป็นร้อยละ 82.14 และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ จากคะแนนการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 29.19 คะแนน S.D. เท่ากับ 3.68 และคิดเป็นร้อยละ 81.08 (ดังปรากฏในภาคผนวก จ ตาราง 26)

ดังนั้น ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ และผลลัพธ์ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (E_1/E_2) แยกพิจารณาเป็น 2 ด้าน เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีค่าเท่ากับ 81.07/80.24 และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 82.14/81.08

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นข้อมูลพื้นฐานให้การปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำนวัตกรรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ระยะที่ 3 การนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา

ระยะที่ 3.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ก่อนเรียนและหลังเรียน การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้สถิติ t – test แสดงผลดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ก่อนเรียนและหลังเรียน

n = 42

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	P-value
ก่อนเรียน	20	7.19	1.84	33.15	.000
หลังเรียน	20	16.40	1.27		

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 10 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.19 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 16.40 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระยะที่ 3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ก่อนเรียนและหลังเรียน การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้สถิติ t – test แสดงผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ก่อนเรียนและหลังเรียน

n = 42

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	P-value
ก่อนเรียน	36	13.24	2.84	25.32	.000
หลังเรียน	36	28.90	3.72		

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 11 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 13.24 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 28.90 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระยะที่ 3.3 วิเคราะห์แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สร้างชิ้นงานตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ได้ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน สรุปผลตามตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 1

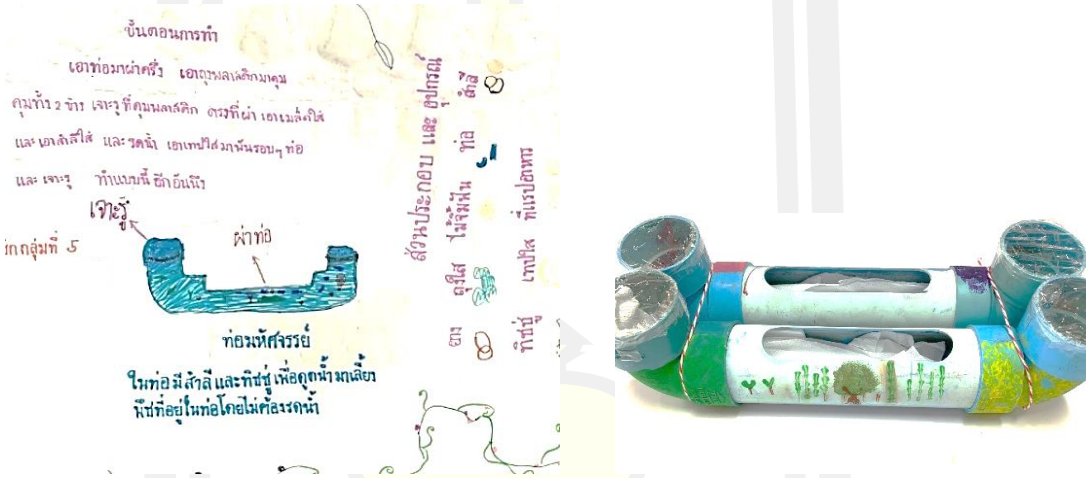
n = 42

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
คิดริเริ่ม	15	12.33	1.12	82.22
คิดคล่องแคล่ว	15	13.83	1.08	78.89
คิดยืดหยุ่น	15	12.17	1.08	81.11
รวม	45	36.33	2.59	80.74

จากตาราง 12 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 36.33 คะแนน S.D. เท่ากับ 2.59 รวมคิดเป็นร้อยละ 80.74 เมื่อแยกรายด้าน พบว่า มีความคิดริเริ่มมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.22 ความคิดยืดหยุ่นคิดเป็นร้อยละ 81.11 และความคิดคล่องแคล่วน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78.89 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ผลคะแนนกลุ่มจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงาน

ของนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช ชิ้นงานคือ กระบะเพาะเมล็ด พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนทั้งหมด 6 กลุ่ม นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระดับคุณภาพ พอใช้ 1 กลุ่ม และระดับคุณภาพดี 5 กลุ่ม (ดังปรากฏในภาคผนวก จ ตาราง 28 หน้า 235) ผลจากการวิเคราะห์ พบว่านักเรียนมีความคิดริเริ่ม ที่สามารถคิดออกแบบชิ้นงานที่มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากกลุ่มอื่น และแตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ประกอบการสอนได้ และสามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ปัญหาที่พบ คือ นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย ภายในเวลาที่กำหนด ตัวอย่างชิ้นงานกระบะเพาะเมล็ด ปรากฏดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างชิ้นงานกระบะเพาะเมล็ด

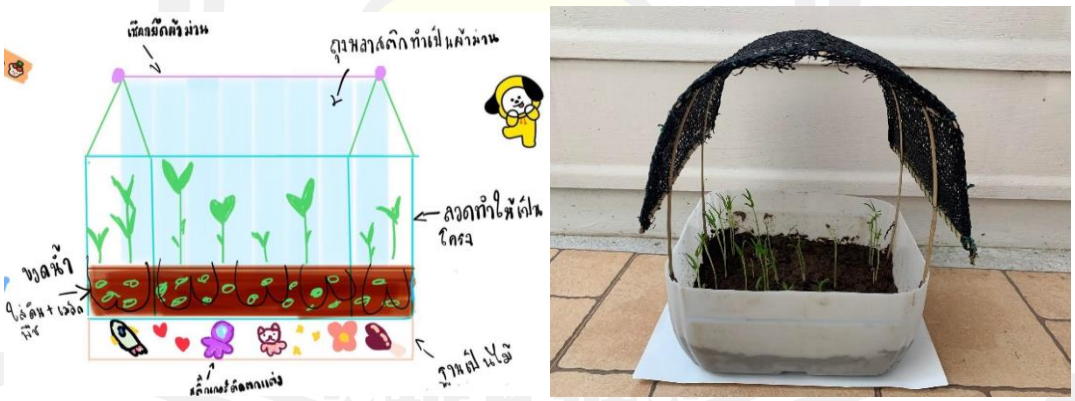
ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 2

n = 42

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
คิดริเริ่ม	15	13.33	0.75	88.89
คิดคล่องแคล่ว	15	13.50	0.77	90.00
คิดยืดหยุ่น	15	13.67	0.75	91.11
รวม	45	40.50	1.52	90.00

จากตาราง 13 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 40.50 คะแนน S.D. เท่ากับ 1.52 รวมคิดเป็นร้อยละ 90.00 เมื่อแยกรายด้าน พบว่า มีความคิดยืดหยุ่นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.11 ความคิดคล่องแคล่วคิดเป็นร้อยละ 90.00 และความคิดริเริ่มน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 88.89 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ผลคะแนนกลุ่มจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ชิ้นงานคือ แบบจำลองโรงเรือน พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนทุกกลุ่ม อยู่ในระดับคุณภาพดี (ดังปรากฏในภาคผนวก จ ตาราง 29 หน้า 235) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น นักเรียนมีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานกลุ่มอื่น สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ มีการปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิมากขึ้นจากภาพที่เคยออกแบบไว้ ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลองโรงเรือน ปรากฏดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลองโรงเรือน

ระยะที่ 4 การประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้

วิเคราะห์แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
1. บทบาทผู้สอน				
1.1	ผู้สอนถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาได้อย่างดี	4.71	0.55	มากที่สุด
1.2	ผู้สอนใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.88	0.32	มากที่สุด
1.3	ผู้สอนจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก	4.76	0.57	มากที่สุด
1.4	ผู้สอนจัดเตรียม สื่อ เอกสาร ข้อมูลที่น่าสนใจให้แก่ผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ	4.64	0.65	มากที่สุด
1.5	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถามขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.57	0.69	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.71	0.56	มากที่สุด
2. บทบาทผู้เรียน				
2.1	ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้	4.67	0.60	มากที่สุด
2.2	ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเอง	4.64	0.61	มากที่สุด
2.3	ผู้เรียนมีโอกาสอภิปราย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	4.62	0.62	มากที่สุด
2.4	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวิชาศิลปะร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์	4.60	0.69	มากที่สุด
2.5	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงานจากวัสดุเหลือใช้	4.55	0.85	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.61	0.67	มากที่สุด

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการ		$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
3. วิธีการจัดการเรียนรู้				
3.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้โดยใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	4.71	0.55	มากที่สุด
3.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ	4.81	0.45	มากที่สุด
3.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.64	0.57	มากที่สุด
3.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์	4.60	0.62	มากที่สุด
3.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเลือกวัสดุเหลือใช้ในการสร้างชิ้นงาน	4.88	0.39	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.73	0.52	มากที่สุด
4. การวัดและการประเมินผล				
4.1	ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.48	0.59	มาก
4.2	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมการวัดและประเมินผล	4.40	0.62	มาก
4.3	เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดประเมินผลมีความเป็นไปได้ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน	4.48	0.63	มาก
4.4	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดประเมินผลมีเหมาะสมกับการเรียนรู้	4.74	0.49	มากที่สุด
4.5	การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล	4.57	0.73	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.53	0.61	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.65	0.59	มากที่สุด

จากตาราง 14 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.59) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประเมินการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D.= 0.52) รองลงมาเป็นด้านบทบาทผู้สอน ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.56) ด้านบทบาทผู้เรียน ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.67) และด้านการวัดและการประเมินผล ($\overline{X}$ = 4.53, S.D.= 0.61) ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ผู้วิจัยได้สรุปผลของการวิจัยหลังการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม

2. เพื่อพัฒนานวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

4. เพื่อศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

สรุปผล

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สรุปผลได้ ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียน ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ เน้นการบรรยายและให้นักเรียนท่องจำ จด เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ นักเรียนจึงได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองน้อย การบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับสาขาวิชาอื่น ๆ ค่อนข้างน้อย นักเรียนสามารถทำการทดลองตามขั้นตอนในหนังสือเรียนได้ แต่ไม่สามารถตั้งคำถามหรือปัญหาจากสิ่งที่สังเกตเห็น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้นักเรียนขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียน นักเรียนจะไม่มีความมั่นใจในตนเอง ไม่กล้าถามตอบ ไม่กล้าคิด หรือออกแบบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่เดิม หรือตัวอย่างที่มีในหนังสือเรียน มักจะมีแนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่ม และความคิดที่แปลกใหม่

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) แยกพิจารณาเป็น 2 ด้าน โดยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีค่าเท่ากับ 81.07/80.24 และด้านความคิดสร้างสรรค์ มีค่าเท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ระยะที่ 3 ผลการนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่พัฒนา และปรับปรุงแล้ว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระยะที่ 4 ผลการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.59)

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากการสอบถามนักเรียนด้านทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 4 ทักษะ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะการคิดเชิงคำนวณ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.24 และเช่นเดียวกับทักษะกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการให้ครูส่งเสริมมากที่สุด คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 54.76 นักเรียนอยากให้ครูเน้นการจัดกิจกรรมการทดลอง เพราะชอบทำกิจกรรมกลุ่ม ทำให้มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น และผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ยังคงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ เน้นการสอนแบบบรรยาย และให้นักเรียนท่องจำ เน้นเนื้อหามากกว่าการฝึกทักษะ เนื่องจากเนื้อหาในหลักสูตรมีค่อนข้างมาก ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นการสื่อความหมายทางเดียว คือ จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน โดยผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนน้อย เพียงแต่ฟังจดบันทึก หรือซักถามบางครั้ง วิธีสอนแบบนี้จะยึดบทบาทของผู้สอนเป็นหลักสำคัญ (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2550) ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองน้อย ขาดการทำกิจกรรมกลุ่ม และการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในห้องเรียน จึงทำให้เกิดความเบื่อในเนื้อหาวิชา ไม่ตั้งใจเรียน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการค้นพบหรือสร้างความรู้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2550) เมื่อมีจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบคิด ไม่ชอบแสดงความคิดเห็น หรือออกแบบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่เดิม หรือตัวอย่างที่มีในหนังสือเรียน มักจะมีแนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่ม และความคิดที่มีความแปลกใหม่ เมื่อเรียนไม่เข้าใจไม่กล้าถามเพื่อนหรือครู และไม่ชอบศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการคิดของนักเรียน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์นอกจากจะพัฒนาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ควรมีการส่งเสริมด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเช่นกัน

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการ และผลลัพธ์ (E_1/E_2) แยกพิจารณาเป็น 2 ด้าน โดยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ มีค่าเท่ากับ 81.07/80.24 และด้านความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ โดยในการหา

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนการทดสอบย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพผลลัพธ์จากคะแนนการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการหลังเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ จากคะแนนการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 4 วางแผน และดำเนินการ ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ และนำเสนอ และขั้นตอนที่ 6 ประเมิน และปรับปรุง สอดคล้องกับขั้นตอนการออกแบบการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered Classroom) ของ Riley (2016) โดยเน้นการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียน ในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาคุณภาพของเครื่องมือ และนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพ และเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน และได้ทำการทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มทดลอง (Try Out) ที่มีความสามารถใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน เพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงเครื่องมือให้มีคุณภาพมากที่สุด จึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง สอดคล้องกับผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ของ เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ (2563) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน หรือ 6Ds คือขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Define) ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล (Discover) ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Distribute) ขั้นที่ 4 พัฒนา (Develop) ขั้นที่ 5 การทดสอบ และประเมินผล (Decision) แลขั้นที่ 6 การนำเสนอผลลัพธ์ (Display) พบว่า รูปแบบการเรียนการสอน “6Ds Model” มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.08/85.58 หลังใช้รูปแบบ 6Ds นักเรียนมีทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ ชนัฏดา ภูโปร่ง (2560) ที่ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 75/75 เท่ากับ 79.89/77.06 และผลการเปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test for dependent samples พบว่า มีความแตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ระยะที่ 3 ผลการนำนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ที่พัฒนาและปรับปรุงแล้ว เมื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการนำนวัตกรรมไปใช้ พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 6 ขั้นตอน ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา และขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ในทักษะการตั้งสมมตฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการกำหนดและควบคุมตัวแปร จากสถานการณ์ และปัญหาที่ครูนำเสนอ และขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการ ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบและนำเสนอ และขั้นตอนที่ 6 ประเมินและปรับปรุง ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ในทักษะการทดลอง การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป จากการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อใช้ทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาจนสำเร็จ นอกจากนี้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ด้านความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น (Torrance, 1962) โดยผู้วิจัยได้สอดแทรกไว้ในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการฝึกให้นักเรียนคิดสร้างสรรค์ ทั้งรายบุคคล และรายกลุ่ม โดยเฉพาะขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ ในการออกแบบนวัตกรรม โดยออกแบบชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี วรรณพงศ์ เตรียมโพธิ์ (2559) กล่าวว่า หลักสูตร STEM+A เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์โดยเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่พบจริงเพื่อนำความรู้ไปแก้ปัญหา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และต่อยอดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของสมรัก อินทวิมลศรี (2561) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนมีความสามารถระดับดีขึ้นไปในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม และสอดคล้องกับธัญชนก ทาระเนตร (2564) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ระยะที่ 4 ผลการประเมินผลนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เป็นการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน คือ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผล ผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.59) ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.52) รองลงมาเป็นด้านบทบาทผู้สอน ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.56) , ด้านบทบาทผู้เรียน ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.67) และด้านการวัดและการประเมินผล ($\overline{X}$ = 4.53, S.D. = 0.61) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำ และพัฒนาทักษะต่าง ๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง และบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต (สุภัค โอฬาพิริยกุล, 2562) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของณัฐพงษ์ เทศทอง (2564) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาพรวมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอยู่ในระดับดี และผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยภาพรวมมีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี ยอมรับสมมุติฐานข้อที่ 4 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของความพึงพอใจ พบว่า ลำดับที่ 1 ด้านเนื้อหาสาระตามแนวคิด STEAM อยู่ในระดับดี ลำดับที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับดี และลำดับที่ 3 สื่อการสอนอยู่ในระดับดี ตามลำดับ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM เป็นการสอนที่กระตุ้นให้เกิดความคิดเชื่อมโยงส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนำไปใช้ในการพัฒนางานและผลผลิตที่มีประโยชน์ต่อการศึกษา รวมถึงการสร้างทัศนคติที่ดีให้เห็นถึงความสำคัญสามารถยกระดับคุณภาพของนักเรียนและคุณภาพของการศึกษา และสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม อีกทั้งนักเรียนรู้สึกได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกกิจกรรม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM นั้นไม่ยากสามารถทำได้จริง และทำได้ตนเองสนุกและเป็นการนำความรู้และศาสตร์ใกล้ตัวมาบูรณาการเชื่อมโยงความคิดได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ควรศึกษาขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความต่อเนื่อง

1.2 เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละเนื้อหา ควรปรับให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียน

1.3 ขั้นตอนการระบุปัญหา สถานการณ์การเรียนรู้ที่ใช้ในการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ควรมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน และเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน

1.4 การทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียน ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาครูผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดนอกกรอบ และมีความหลากหลายตามความสนใจของนักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนได้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2.2 ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ไปศึกษาตัวแปรอื่น ๆ

2.3 ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ หรือสาระการเรียนรู้อื่นต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชพรรณ เภสัชชา. (2560). *การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *ครูกับการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

————. (2544). *คู่มือครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุลาดพร้าว.

————. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

————. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

————. (2562). *มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561*. กรุงเทพฯ : 21 เซนจูรี่ จำกัด.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : ซัคเซสมีเดีย.

จรัสศรี พัวจินดาเนตร. (2561). *กิจกรรมบูรณาการงานประดิษฐ์สู่ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉันทนา เชาว์ปรีชา. (2562). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างความตระหนักเรื่องสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้ทักษะระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผ่านการศึกษาเสื้อผ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 42(2), 51-64.

ชนัฎดา ภูโปร่ง. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ชนิตา อิศรเสนา. (2561). *รายงานวิจัย ผลการจัดกิจกรรมทางกายโดยใช้สื่อจากวัสดุเหลือใช้ที่มีต่อพัฒนาการ 4 ด้าน ของเด็กปฐมวัยโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ Assessing Science Process Skills. *สุทธิปริทัศน์*, 28(86), 353-364.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากร ศึกษาศาสตรวิจัย*, 5(1), 7-19.

ณัฐพงษ์ เทศทอง. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอนมหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทวีป อภิสิทธิ์. (2559). *กิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กและเยาวชน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญชนก ทาระเนตร. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

_____. (2546). *การพัฒนาหลักสูตร*. กรุงเทพฯ : สุริวิยาสาส์น.

_____. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

_____. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวิริยาสาส์น.

บุญยนุช สิทธาจารย์. (2560). *การพัฒนาชุดการสอนศิลปะตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญเหลือ แก้วอ่อน. (2559). *ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยโดยการจัดกิจกรรมศิลปะจากเศษวัสดุ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

เบญจา แสงมลิ และประดินันท์ อุปรมัย.(2552). *ประมวลสาระชุดวิชาสื่อการสอนกับเด็กระดับปฐมวัยศึกษา หน่วยที่ 8*. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประทุม อัตชู. (2535). *การสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์*. มหาสารคาม : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เผชิญ กิจระการ. (2544). *ดัชนีประสิทธิผล*. มหาสารคาม : ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรทิพย์ สังเกตุ. (2564). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

พสธร วงค์ชารี. (2562). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2553). *การสอนคิดด้วยโครงงาน : การสอนแบบบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2550). *ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปี ที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 10(1), 101-110.

รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม (2560). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารการบริหารและนิเทศการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 8(3), 137-145.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์ จำกัด.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2550). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ จำกัด.

วรรณพงศ์ เตรียมโพธิ์. (2559). *ชุดสื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์สะเต็มศึกษา เล่มที่ 5*. กรุงเทพฯ : โรงเรียนคอมพิวเตอร์อัจฉริยะภาพ.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี วงศ์พานิชย์. (2546). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน การงานอาชีพและเทคโนโลยีงานประดิษฐ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). *การวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาส์น.

วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 45(1), 320-335.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุศาสตร์ลาดพร้าว.

_____. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2550). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : เซเว่นพริ้นติ้งกรุ๊ป.

_____. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ : อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

_____. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมจินต์ มนูณศิลป์. (2547). *วัสดุเหลือใช้ได้ประโยชน์*. กรุงเทพฯ : ร่วมสาสน์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมรัก อินทวิมลศรี. (2561). *ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในรายวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ ภู่วภาดาวรรธน์. (2535). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

_____. (2541). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

สิรินทร์ ลัดดากลม บุญเชิดชู. (2558). STEM TO STEAM PLUS STREAM AND STEMM ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อการพัฒนาเด็กปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 13(1), 6-15.

สิริพรรณ ตันติรันต์ไพศาล. (2545). *ศิลปะสำหรับเด็กปฐมวัย*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2560). *ครูยุคใหม่กับการจัดการเรียนรู้สู่การศึกษา 4.0*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภัค โอฬาพิริยกุล. (2562). STEAM EDUCATION: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 9(1), 1-16.

สุวิทย์ คำมูล. (2550). *กลยุทธ์การสอนคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

————. (2547). *การสอนคิดวิเคราะห์*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

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

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). *หลักการสอน (ฉบับปรับปรุง).* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

อารี พันธ์มณี. (2540). *ความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : คอมแพคท์ พริ้น.

เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ. (2563). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Abraham, M. (1970). *Motivation and Personnality*. New York : Harper and Row.

Besemer, S.P. and O'Quin, K. (1986). Analyzing creative products: Refinement and test of a judging instrument. *Journal of Creative Behavior*, 20, 115–126.

College of Engineering. (2019*). Curricular Unit: Creative Engineering Design*. [online]. Available from : http://www.teachengineering.org/k12engineering/design process. [accessed 18 September 2021].

Guilford, J.P. (1959). *Trait of Creativity*. New York : Harper & Brothers.

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

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

Indri Patresia, and others. (2020). Developing biology students' worksheet based on STEAM to empower science process skills. *JPBI (Journal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 6(1), 147-156.

Kaufman, J.C. (2012). Counting the muses: Development of the Kaufman Domains of Creativity Scale (K-DOCS). *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts,* 6(4), 298–308.

Piltz, A. and Sund, R. (1969). *Creative Teaching of Sciences in the Elementary School*. Boston : Allyn and Bacon.

Rahmawati, Y. (2019). Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156(1), 121-134.

Riley, S. (2014). *How to STEAM: The STEAM process*. [online]. Available from : http://education closet.com/steam/how-to-steam/. [accessed 18 September 2021].

_____. (2016). *6 STEPS TO CREATING A STEAM CLASSROOM*. [online]. Available from : https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/. [accessed 18 September 2021].

Rimm, D.C. and others. (1982). A balanced placebo investigation of the effects of alcohol vs. alcohol expectancy on simulated driving behavior. *Addictive Behaviors*, 7, 27-32.

Syukri, M. and others. (2021). Development of a PjBL Model Learning Program Plan based on a STEM Approach to Improve Students' Science Process Skills. *Journal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 269-274.

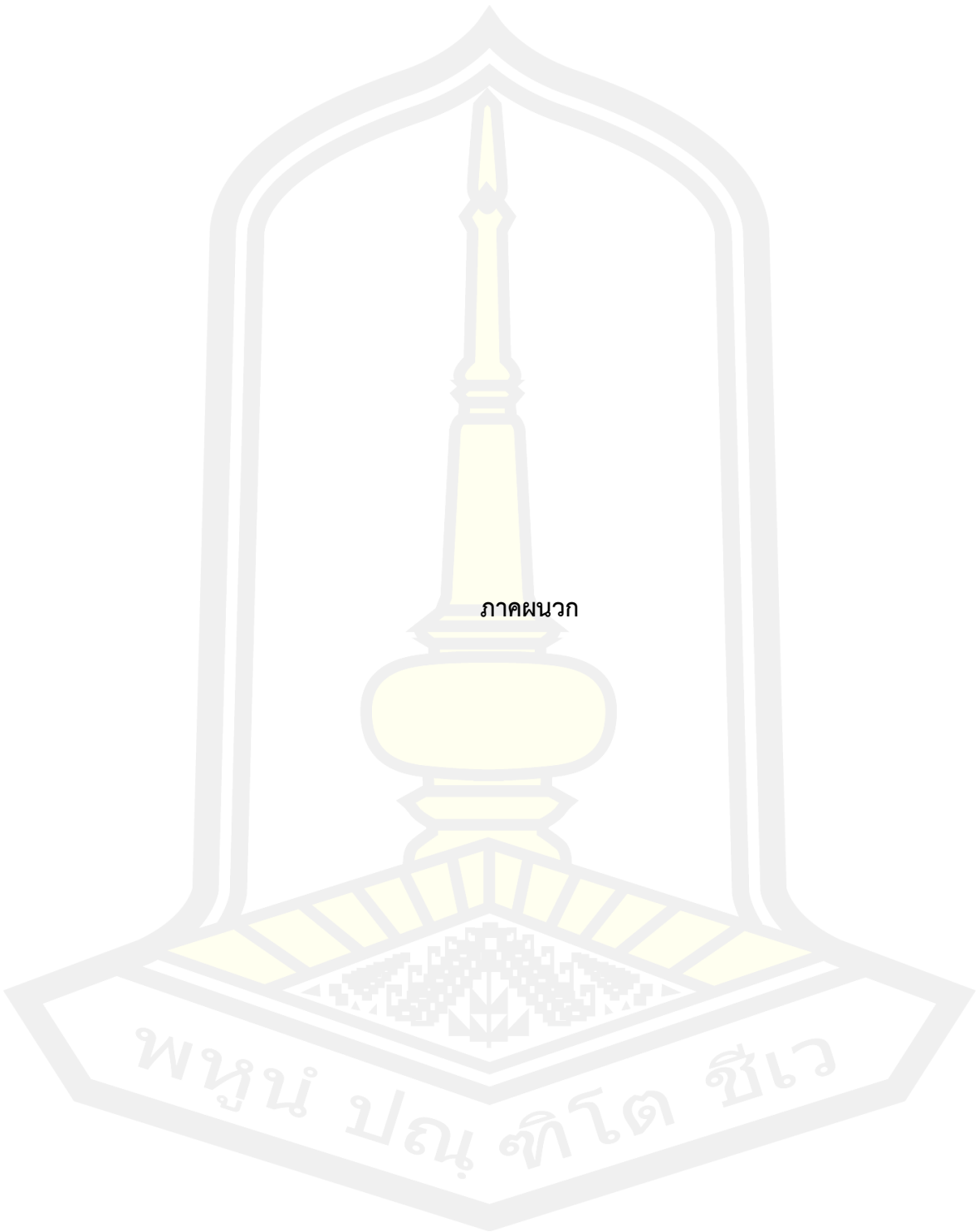
Torrance, E.P. (1962). *Guiding Creative Talent*. New Jersey : Prentice-Hall.

Tri Puji Lestari, Sarwi and Sri Susilogati Sumarti. (2018). STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5th Grade. *Journal of Primary Education*, 7(1), 18-24.

Wandari, G.A. and others. (2018). The Effect of STEAM-based Learning on Students' Concept Mastery and Creativity in Learning Light and Optics. *Journal of Science*, 2(1), 26-32.

Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. [online]. Available from : https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education. [accessed 18 September 2021].

_____. (2015). *STEAM Education Program Description.* [online]. Available from : https://steamedu.com/wp-content_/uploads/2014/12/STEAM-Education-Program-Description-11Nov2015.pdf. [accessed 18 September 2021].



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 1 **รหัสวิชา ว 21101**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การดำรงชีวิตของพืช **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา 2565**

เรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช **เวลา 6 ชั่วโมง**

ผู้สอน นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) แบ่งออกเป็น 5 สาขาวิชา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

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

ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม.1/11 อธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอก

ว 1.2 ม.1/12 อธิบายลักษณะโครงสร้างของดอกที่มีส่วนทำให้เกิดการถ่ายเรณู รวมทั้งบรรยายการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผล และเมล็ด การกระจายเมล็ด และการงอกของเมล็ด

ว 1.2 ม.1/13 ตระหนักถึงความสำคัญของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชดอกโดยการไม่ทำลายชีวิตของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณู

ว 1.2 ม.1/16 เลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของพืช

ว 1.2 ม.1/18 ตระหนักถึงประโยชน์ของการขยายพันธุ์พืช โดยการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

เทคโนโลยี (Technology : T)

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชีวัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ออกแบบ ตัดสินใจสร้าง ทดสอบ และประเมินผลชิ้นงานตามสิ่งที่โจทย์กำหนด

ศิลปะ (Arts : A)

สาระที่ 1 ทัศนศิลป์

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์วิพากษ์วิจารณ์คุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัด

ศ 1.1 ม.1/5 ออกแบบรูปภาพสัญลักษณ์ หรือกราฟิกอื่น ๆ ในการนำเสนอความคิด และข้อมูล

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.1/1 เข้าใจจำนวนตรรกยะ และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง

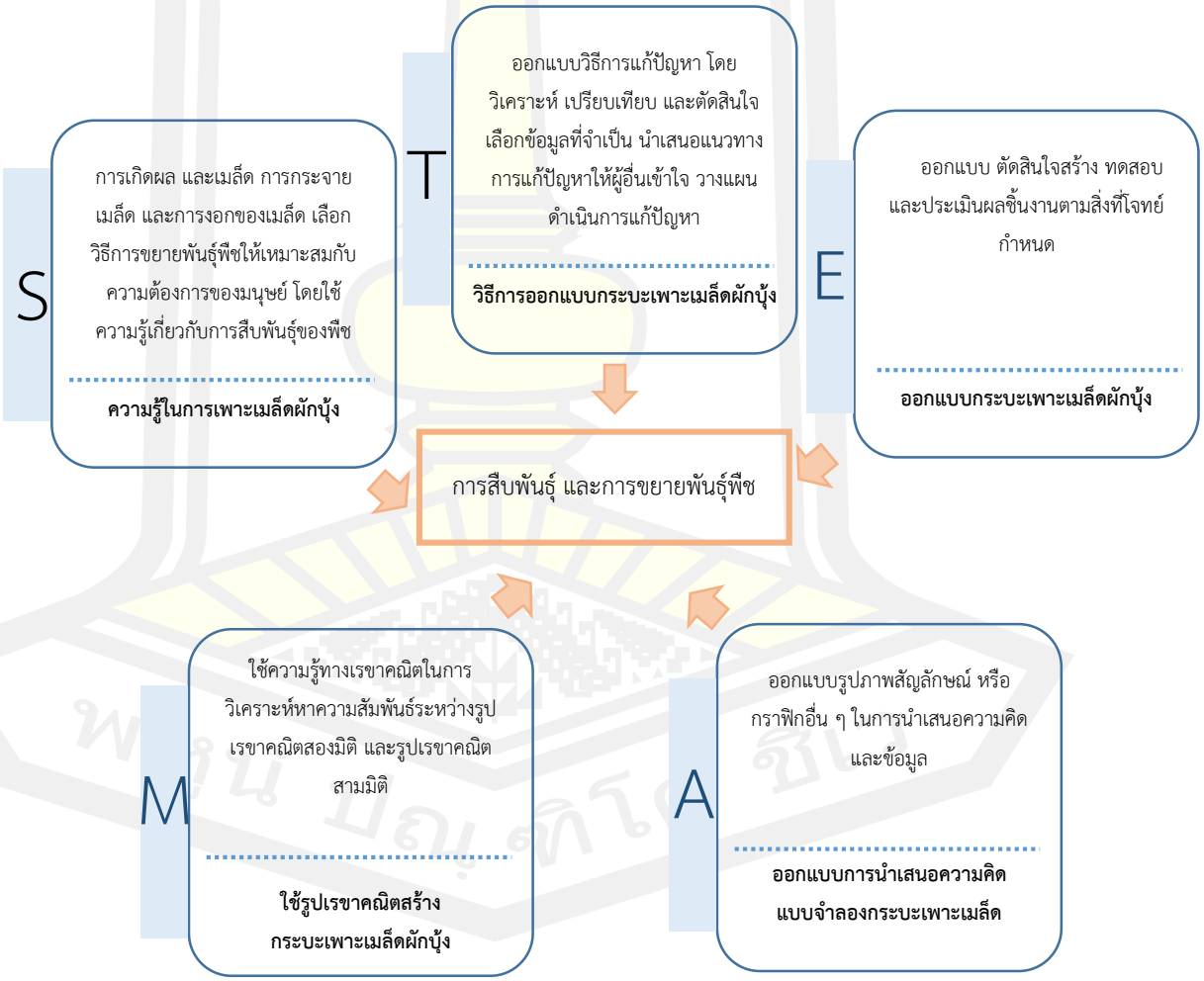
สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจ และวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 2.2 ม.1/2 เข้าใจ และใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ



2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ด้านความรู้ (K)

2.1.1 นักเรียนสามารถอธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอกได้

2.1.2 นักเรียนสามารถอธิบายการงอกของเมล็ดพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และเมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่ได้

2.1.3 นักเรียนสามารถเลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชได้อย่างเหมาะสม

2.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

2.2.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหา และเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

2.2.2 นักเรียนสามารถใช้การบวก และการลบเลขทศนิยมในการออกแบบชิ้นงานตามเงื่อนไขได้

2.2.3 นักเรียนสามารถใช้ความรู้รูปเรขาคณิตในการประดิษฐ์ชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนดได้

2.2.4 นักเรียนสามารถออกแบบ และวางแผนการประดิษฐ์ชิ้นงานได้

2.2.5 นักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองตู้เพาะเมล็ดได้

2.3 ด้านเจตคติ-ค่านิยม (A)

2.3.1 ทำงานเป็นระเบียบ

2.3.2 มีระเบียบวินัย

2.3.3 มีความรับผิดชอบ

2.3.4 การเรียนรู้อย่างมีความสุข

2.3.5 ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

พืชดอกทุกชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่มีการผสมกันของสเปิร์มกับเซลล์ไข่เกิดขึ้นที่ดอก โดยภายในอับเรณูของส่วนเกสรเพศผู้มีเรณูซึ่งทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม ภายในออวุลของเกสรเพศเมียมีถุงเอ็มบริโอ ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่พืชต้นใหม่ไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับเซลล์ไข่ แต่เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ มีการเจริญเติบโต และพัฒนาขึ้นมาเป็นต้นใหม่ได้

ผล และเมล็ดมีการกระจายออกจากต้นเดิม โดยวิธีต่าง ๆ เมื่อเมล็ดไปตกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของเมล็ด โดยเอ็มบริโอภายในเมล็ดจะเจริญออกมา ระยะแรกจะอาศัย

อาหารที่สะสมภายในเมล็ด จนกระทั่งใบแท้พัฒนา จนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่ และสร้างอาหารได้เองตามปกติ

4. สาระการเรียนรู้

4.1 การสืบพันธ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอก

4.2 การขยายพันธุ์พืช

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

5.2 ความสามารถในการคิด

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

6.1 ซื่อสัตย์

6.2 มีวินัย

6.3 ใฝ่เรียนรู้

6.4 มุ่งมั่นในการทำงาน

6.5 มีจิตสาธารณะ

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กระบะเพาะเมล็ด

7.2 แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

7.3 ชิ้นงาน กระบะเพาะเมล็ด

8. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา : 30 นาที

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน โดยคละความสามารถ ทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน

3. ครูนำเสนอสถานการณ์ และปัญหา เรื่องการสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช ดังนี้

"ในช่วงเทศกาลปีใหม่ ผู้คนมักจะจัดงานเฉลิมฉลองในครอบครัวโดยการรับประทานหมูกระทะ ซึ่งแม่ค้าขายผักในตลาดต้องการผักบุ้งเป็นจำนวนมาก ชาวสวนต้องการปลูกผักบุ้งให้ทันต่อปริมาณความต้องการแต่มีพื้นที่จำกัด จึงต้องการออกแบบและสร้างกระบะเพาะเมล็ด โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- กระบะเพาะเมล็ดมีพื้นที่จำกัด กว้าง 20 นิ้ว ยาว 120 นิ้ว และสูง 20 นิ้ว
- ต้องใช้วัสดุเหลือใช้ในการสร้างกระบะเพาะเมล็ด
- แบบจำลองกระบะเพาะเมล็ดที่สร้างขึ้นจะต้องให้ผลผลิต (จำนวนต้น) ปริมาณมากในเวลาที่กำหนดภายใน 7 วัน"

4. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา เงื่อนไข จากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ เพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา : 60 นาที

1. นักเรียน และครูร่วมกันอภิปราย เรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ที่จะนำมาออกแบบ และสร้างกระบะเพาะเมล็ด

3. นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน และการสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหา

4. นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 1 จากนั้นวิเคราะห์ปัญหา และเงื่อนไขลงในใบกิจกรรมที่ 1 รายบุคคล เพื่อคิด เชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการเพาะเมล็ดผักบุ้ง

5. ครูใช้คำถามนำสู่การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา การออกแบบ การสร้าง และการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา : 90 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการสืบพันธุ์ และขั้นตอนการขยายพันธุ์พืชจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด จากนั้นแต่ละคนออกแบบกระบะเพาะเมล็ดลงในใบกิจกรรมที่ 1

2. นักเรียนร่วมกันกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลองปลูกผักบุ้งในกระบะเพาะเมล็ดที่สร้างขึ้น โดยแต่ละกลุ่มจะต้องใช้ตัวแปรเหมือนกันทุกกลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบะเพาะเมล็ดที่สร้างขึ้น และขั้นตอนในการขยายพันธุ์พืชที่แต่ละกลุ่มเลือก

3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันเปรียบเทียบการออกแบบกระบะเพาะเมล็ดในใบกิจกรรมที่ 1 ของแต่ละรูปแบบว่ามีข้อดี หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือก และกำหนดขั้นตอนในการขยายพันธุ์พืชที่เหมาะสมมากที่สุด 1 รูปแบบในการสร้างกระบะเพาะเมล็ดผักบุ้งจากวัสดุเหลือใช้

4. สมาชิกในกลุ่มออกแบบแบบจำลองกระบะเพาะเมล็ดจากวัสดุเหลือใช้ที่ประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกในด้านวัสดุอุปกรณ์ ต้นทุน ความปลอดภัย เป็นต้น

5. นักเรียนวาดภาพการออกแบบ เขียนวัสดุที่ใช้ และแผนภาพแสดงการเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ลงในกระดาษบรู๊ฟแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 วางแผน และดำเนินการ : 60 นาที

1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการประดิษฐ์กระบะเพาะเมล็ดจากวัสดุเหลือใช้ตามแผนที่ได้กำหนด

3. ครูอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการจัดหาเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งให้นักเรียนทุกกลุ่ม เป็นชนิดพันธุ์เดียวกัน และจำนวนเท่า ๆ กัน (ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันกำหนดจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่จะเพาะเมล็ดเองในพื้นที่ครูกำหนด) กำหนดเวลาการทำงาน รวมทั้งมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น การตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายในสิ่งที่ออกแบบไว้ และควบคุมไม่ให้ผู้เรียนออกนอกแผนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ และนำเสนอ : 60 นาที

1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดลองเพาะเมล็ดผักบุ้งลงในกระบะเพาะเมล็ดในเวลาที่กำหนด 14 วัน พร้อมระบุตัวแปรควบคุมของแต่ละกลุ่มเป็นข้อตกลงเดียวกัน จากนั้นบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบโดยนับจำนวนต้นผักบุ้งที่ได้

2. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลแสดงในรูปของตาราง และกราฟ

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทดสอบหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่ากลุ่มใดให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 6 ประเมิน และปรับปรุง : 60 นาที

1. นักเรียนและครูร่วมกันจัดนิทรรศการ เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองตู้เพาะเมล็ดที่สร้างขึ้น และเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมชิ้นงาน

2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม และจากผลการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานสำหรับการต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการครั้งต่อไป

9. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

9.1 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 1 (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

9.2 ใบความรู้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

9.3 ใบกิจกรรมที่ 1 แบบจำลองกระบะเพาะเมล็ด

9.4 สื่ออิเล็กทรอนิกส์

9.5 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

10. การวัดและประเมินผล

ผู้วัดผล นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง

สิ่งที่วัด	วิธีวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
1. ด้านความรู้ (K)	- ตรวจแบบฝึกหัดท้ายหน่วยในหนังสือเรียน	- แบบฝึกหัดท้ายหน่วย	- ต้องทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- ตรวจคำตอบใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กระบะเพาะเมล็ด - ประเมินชิ้นงาน กระบะเพาะเมล็ด	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กระบะเพาะเมล็ด - ชิ้นงาน กระบะเพาะเมล็ด	- ต้องทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป - ต้องสร้างชิ้นงานผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ได้ผลการประเมินระดับ **ดี** ขึ้นไป
4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- ได้ผลการประเมินระดับ **ดี** ขึ้นไป

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง กระบะเพาะเมล็ด

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

"ในช่วงเทศกาลปีใหม่ ผู้คนมักจะจัดงานเฉลิมฉลองในครอบครัวโดยการรับประทานหมูกระทะ ซึ่งแม่ค้าขายผักในตลาดต้องการผักบุ้งเป็นจำนวนมาก ชาวสวนต้องการปลูกผักบุ้งให้ทันต่อปริมาณความต้องการแต่มีพื้นที่จำกัด จึงต้องการออกแบบและสร้างกระบะเพาะเมล็ดโดยมีเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

- กระบะเพาะเมล็ดมีพื้นที่จำกัด กว้าง 20 นิ้ว ยาว 120 นิ้ว และสูง 20 นิ้ว
- ต้องใช้วัสดุเหลือใช้ในการสร้างกระบะเพาะเมล็ด
- แบบจำลองกระบะเพาะเมล็ดที่สร้างขึ้นจะต้องให้ผลผลิต (จำนวนต้น) ปริมาณมากในเวลาที่กำหนดภายใน 7 วัน"

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การที่ผลผลิตผักบุ้งที่ได้ไม่เพียงพอ มีสาเหตุมากจากอะไรได้บ้าง จงตอบเป็นข้อโดยเขียนจำนวนคำตอบให้ได้มากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

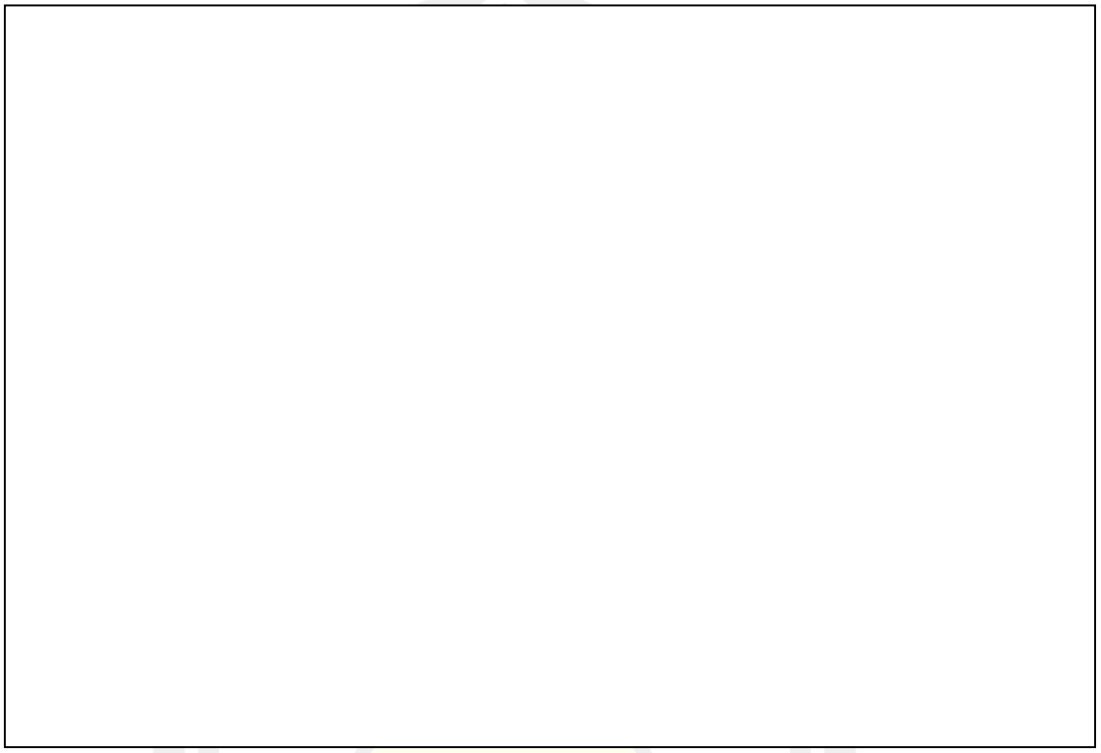
.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์ ให้นักเรียนออกแบบกระบะเพาะเมล็ด วาดภาพ พร้อมเขียนคำอธิบายวิธีการในการออกแบบให้ชัดเจน



บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....**ผู้สอน**

(นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง)

วันที่...../...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 1 **รหัสวิชา ว 21101**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การดำรงชีวิตของพืช **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา 2565**

เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช **เวลา 6 ชั่วโมง**

ผู้สอน นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) แบ่งออกเป็น 5 สาขาวิชา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

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

ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม.1/6 ระบุปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

ว 1.2 ม.1/7 อธิบายความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 1.2 ม.1/8 ตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม โดยการร่วมกันปลูกและดูแลรักษาต้นไม้ในโรงเรียนและชุมชน

ว 1.2 ม.1/14 อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของพืช

ว 1.2 ม.1/15 เลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะสมกับพืชในสถานการณ์ที่กำหนด

เทคโนโลยี (Technology : T)

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชีวัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ออกแบบ ตัดสินใจสร้าง ทดสอบ และประเมินผลชิ้นงานตามสิ่งที่โจทย์กำหนด

ศิลปะ (Arts : A)

สาระที่ 1 ทัศนศิลป์

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์วิพากษ์วิจารณ์คุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัด

ศ 1.1 ม.1/5 ออกแบบรูปภาพสัญลักษณ์ หรือกราฟิกอื่น ๆ ในการนำเสนอความคิด และข้อมูล

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.1/1 เข้าใจจำนวนตรรกยะ และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

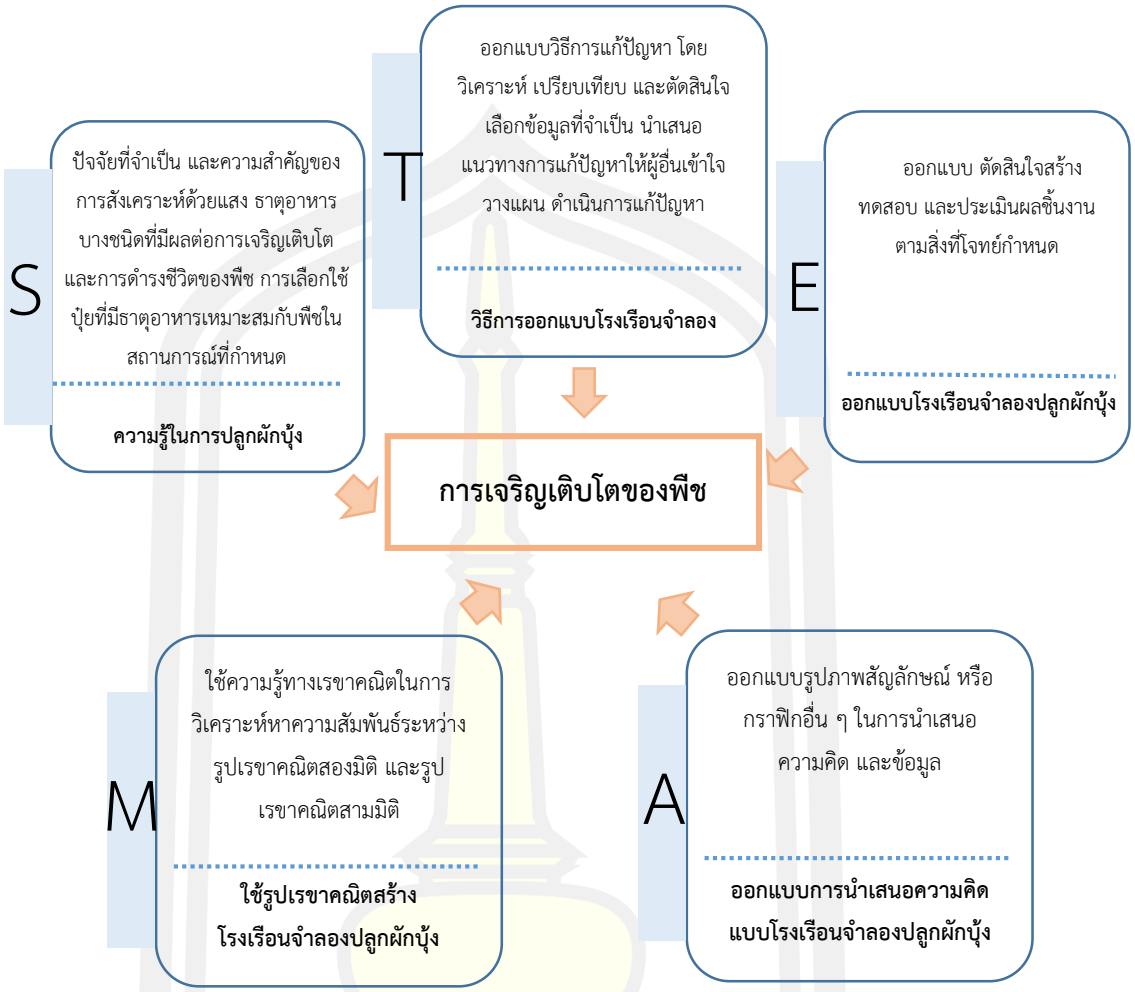
สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจ และวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 2.2 ม.1/2 เข้าใจ และใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ



2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ด้านความรู้ (K)

2.1.1 นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

2.1.2 นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของพืชได้

2.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

2.2.1 นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่จำเป็น และผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

2.2.2 นักเรียนตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2.2.3 นักเรียนสามารถเลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะสมกับพืชได้

2.2.4 นักเรียนสามารถใช้การบวก และการลบเลขทศนิยมในการออกแบบชิ้นงานตามเงื่อนไขได้

2.2.5 นักเรียนสามารถใช้ความรู้รูปเรขาคณิตในการประดิษฐ์ชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนดได้

2.2.6 นักเรียนสามารถออกแบบ และวางแผนการประดิษฐ์ชิ้นงานได้

2.2.7 นักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองโรงเรือนได้

2.3 ด้านเจตคติ-ค่านิยม (A)

2.3.1 ทำงานเป็นระเบียบ

2.3.2 มีระเบียบวินัย

2.3.3 มีความรับผิดชอบ

2.3.4 การเรียนรู้อย่างมีความสุข

2.3.5 ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การสังเคราะห์ด้วยแสงจำเป็นต้องใช้แสง น้ำ คลอโรฟิลล์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลผลิตที่ได้ คือ น้ำตาล และแก๊สออกซิเจน

พืชจำเป็นต้องใช้น้ำ แสงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างน้ำตาลหรืออาหารของพืช และต้องการธาตุอาหารเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบของน้ำตาล และสารประกอบเคมีอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิต

4. สาระการเรียนรู้

4.1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

4.2 ธาตุอาหารของพืช

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

5.2 ความสามารถในการคิด

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

6.1 ซื่อสัตย์

6.2 มีวินัย

6.3 ใฝ่เรียนรู้

6.4 มุ่งมั่นในการทำงาน

6.5 มีจิตสาธารณะ

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แบบจำลองโรงเรือน

7.2 แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

7.3 ชิ้นงาน แบบจำลองโรงเรือน

8. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา : 30 นาที

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน โดยคละความสามารถ ทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน

3. ครูนำเสนอสถานการณ์ และปัญหา เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

“จากสถานการณ์ปริมาณความต้องการผักบุ้งจำนวนมาก จากเรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช ที่นักเรียนได้สร้างกระบะเพาะเมล็ดจนได้ต้นผักบุ้งอายุ 2 สัปดาห์ นักเรียนจะต้องปรับเปลี่ยนกระบะเพาะเมล็ดให้กลายเป็นแบบจำลองโรงเรือน เพื่อให้ต้นผักบุ้งเจริญเติบโตต่อไป โดยโรงเรือนจะต้องสามารถคุมควบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ การออกแบบและสร้างโรงเรือน มีเงื่อนไขในการประดิษฐ์แบบจำลองโรงเรือน ดังต่อไปนี้

- แบบจำลองโรงเรือนมีพื้นที่จำกัด กว้าง 30 นิ้ว ยาว 30 นิ้ว และสูง 30 นิ้ว
- โรงเรือนต้องสร้างจากวัสดุเหลือใช้
- โรงเรือนที่สร้างขึ้นจะต้องทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในเวลาที่กำหนดภายใน 14 วัน โดยกำหนดขั้นตอนวิธีการปลูกผักบุ้งเอง”

4. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา เงื่อนไข จากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ เพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา : 60 นาที

1. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ที่จะเลือกใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองโรงเรือน

3. นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน และการสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหา

4. นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 2 จากนั้นวิเคราะห์ปัญหา และเงื่อนไขลงในใบกิจกรรมที่ 2 รายบุคคล เพื่อคิด เชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการปลูกผักบุ้ง

5. ครูคอยชี้แนะโดยการใช้คำถามเพื่อนำสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ การสร้าง และการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา : 90 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้ง จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด จากนั้นแต่ละคนออกแบบแบบจำลองโรงเรือน ลงในใบกิจกรรมที่ 2

2. นักเรียนร่วมกันกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลองปลูกผักบุ้งในแบบจำลองโรงเรือน ที่สร้างขึ้น โดยแต่ละกลุ่มจะต้องใช้ตัวแปรเหมือนกันทุกกลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองโรงเรือนที่สร้างขึ้น และขั้นตอนในการปลูกผักบุ้งที่แต่ละกลุ่มเลือก

3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันเปรียบเทียบการออกแบบแบบจำลองโรงเรือนในใบกิจกรรมที่ 2 ของแต่ละรูปแบบว่ามีข้อดี หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือก และกำหนดขั้นตอนในการปลูกผักบุ้งที่เหมาะสมมากที่สุด 1 รูปแบบในการสร้างแบบจำลองโรงเรือนจากวัสดุเหลือใช้

4. สมาชิกในกลุ่มออกแบบแบบจำลองโรงเรือนจากวัสดุเหลือใช้ที่ประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกในด้านวัสดุอุปกรณ์ ต้นทุน ความปลอดภัย เป็นต้น

5. นักเรียนวาดภาพการออกแบบ เขียนวัสดุที่ใช้ และแผนภาพแสดงการเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ลงในกระดาษบรู๊ฟแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 วางแผน และดำเนินการ : 60 นาที

1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการประดิษฐ์แบบจำลองโรงเรือนจากวัสดุเหลือใช้ ตามแผนที่กำหนด

3. ครูกำหนดเวลาการทำงาน รวมทั้งมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น การตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายในสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น

ขั้นที่ 5 ทดสอบ และนำเสนอ : 60 นาที

1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดลองปลูกผักบุ้งในแบบจำลองโรงเรือน พร้อมระบุตัวแปรควบคุมของแต่ละกลุ่มเป็นข้อตกลงเดียวกัน จากนั้นบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบโดยวัดความสูงของต้นผักบุ้ง เพื่อดูการเจริญเติบโต

2. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลแสดงในรูปของตาราง และกราฟ

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทดสอบหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่ากลุ่มใดให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 6 ประเมิน และปรับปรุง : 60 นาที

1. นักเรียน และครูร่วมกันจัดนิทรรศการเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองโรงเรือนที่สร้างขึ้น และเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมชิ้นงาน

2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม และจากผลการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานสำหรับการต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการครั้งต่อไป

9. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

9.1 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 1 (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

9.2 ใบความรู้ เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

9.3 ใบกิจกรรมที่ 2 แบบจำลองโรงเรือน

9.4 สื่ออิเล็กทรอนิกส์

9.5 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

10. การวัดและประเมินผล

ผู้วัดผล นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง

สิ่งที่วัด	วิธีวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
1. ด้านความรู้ (K)	- ตรวจแบบฝึกหัดท้ายหน่วยในหนังสือเรียน	- แบบฝึกหัดท้ายหน่วย	- ต้องทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- ตรวจคำตอบใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องแบบจำลองโรงเรือน - ประเมินชิ้นงานแบบจำลองโรงเรือน	- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องแบบจำลองโรงเรือน - ชิ้นงาน แบบจำลองโรงเรือน	- ต้องทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป - ต้องสร้างชิ้นงานผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ได้ผลการประเมินระดับ **ดี** ขึ้นไป
4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- ได้ผลการประเมินระดับ **ดี** ขึ้นไป

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง แบบจำลองโรงเรือน

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

"จากสถานการณ์ปริมาณความต้องการผักบุ้งจำนวนมาก จากเรื่อง การสืบพันธุ์และการขยายพันธุ์พืช ที่นักเรียนได้สร้างกระบะเพาะเมล็ดจนได้ต้นผักบุ้งอายุ 2 สัปดาห์ นักเรียนจะต้องปรับเปลี่ยนกระบะเพาะเมล็ดให้กลายเป็นแบบจำลองโรงเรือน เพื่อให้ต้นผักบุ้งเจริญเติบโตต่อไป โดยโรงเรือนจะต้องสามารถคุมควบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ การออกแบบ และสร้างโรงเรือน มีเงื่อนไขในการประดิษฐ์แบบจำลองโรงเรือน ดังต่อไปนี้

- แบบจำลองโรงเรือนมีพื้นที่จำกัด กว้าง 30 นิ้ว ยาว 30 นิ้ว และสูง 30 นิ้ว
- โรงเรือนต้องสร้างจากวัสดุเหลือใช้
- โรงเรือนที่สร้างขึ้นจะต้องทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในเวลาที่กำหนดภายใน 14 วัน โดยกำหนดขั้นตอนวิธีการปลูกผักบุ้งเอง"

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การที่ผลผลิตผักบุ้งที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควรมีสาเหตุมากจากอะไรได้บ้าง จงตอบเป็นข้อโดยเขียนจำนวนคำตอบให้ได้มากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

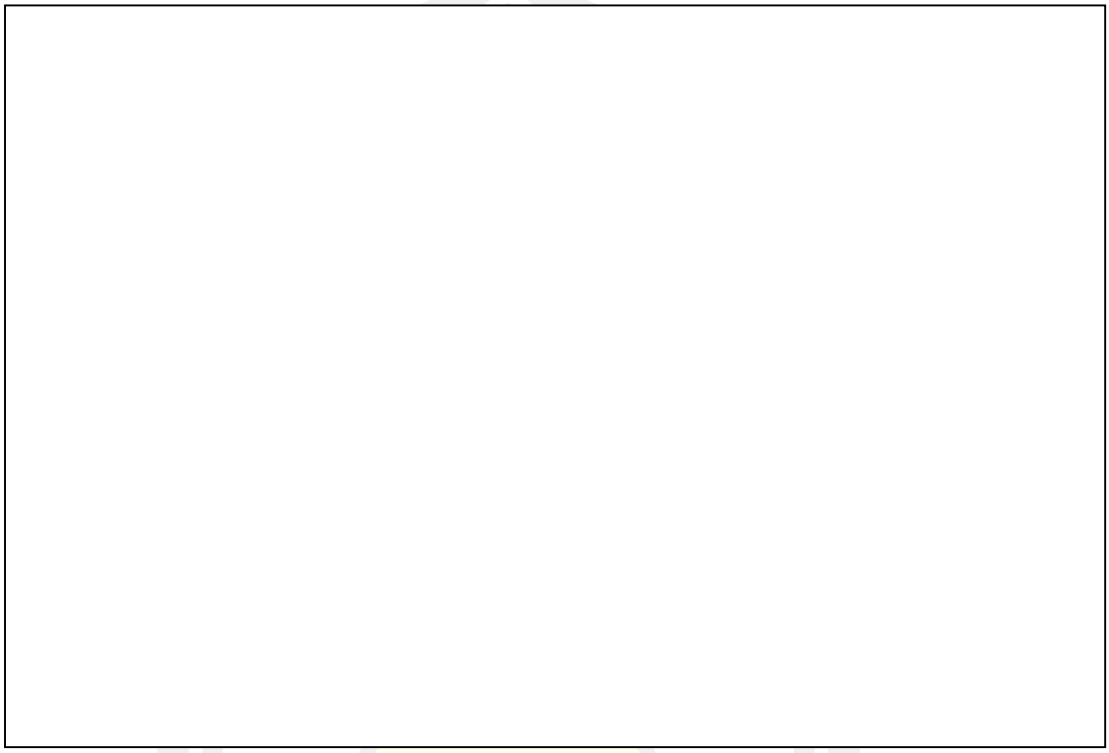
.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์ ให้นักเรียนออกแบบกระบะเพาะเมล็ด วาดภาพ พร้อมเขียนคำอธิบายวิธีการในการออกแบบให้ชัดเจน



บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....**ผู้สอน**

(นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง)

วันที่...../...../.....

แบบประเมินใบกิจกรรม

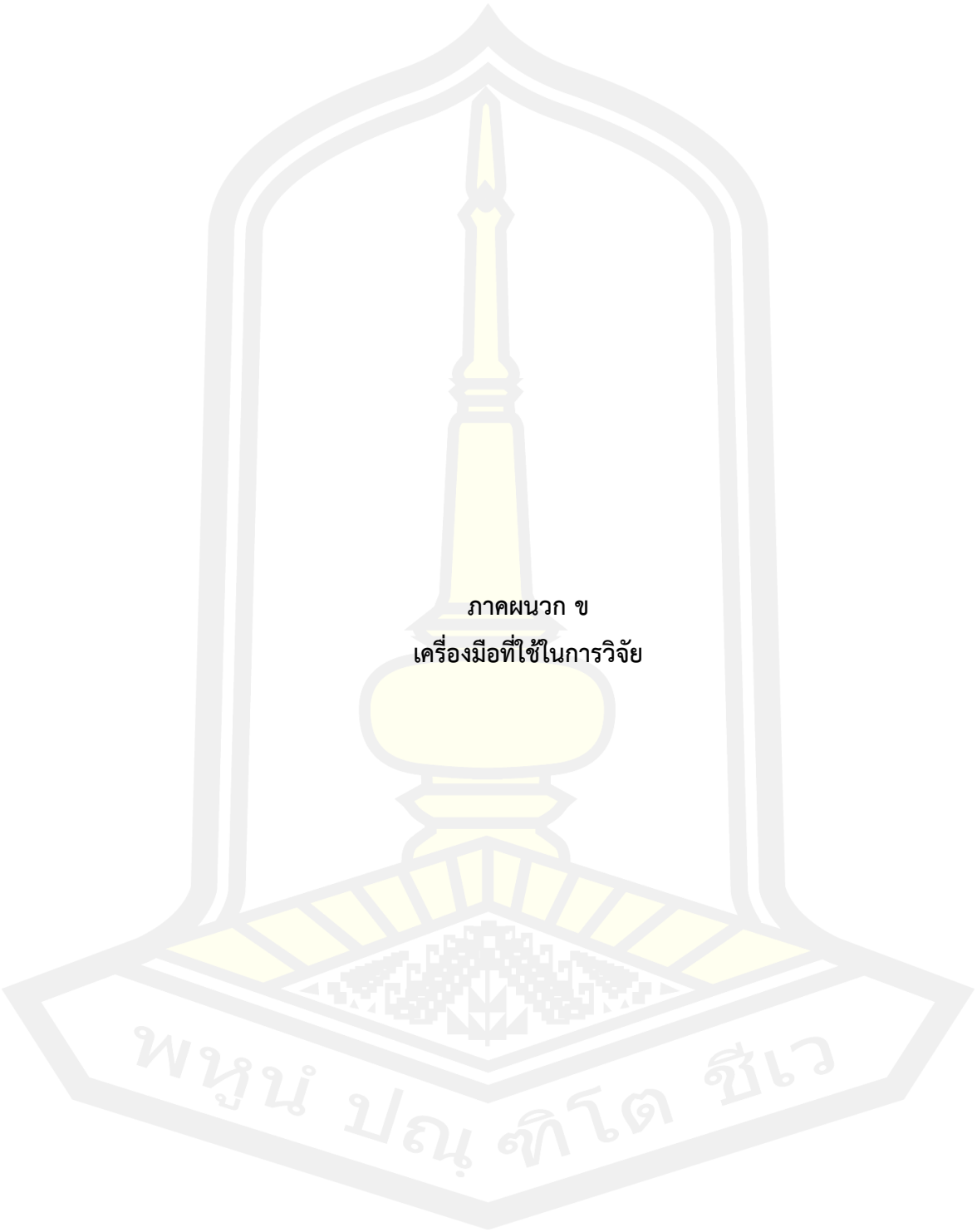
เลขที่	ชื่อ	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์			รวม (45)
		ความคิดริเริ่ม (15)	ความคิดคล่องแคล่ว (15)	ความคิดยืดหยุ่น (15)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินใบกิจกรรม

ข้อ	คะแนน			
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
1. ความคิดริเริ่ม				
1.1	- มีความคิดที่แปลกใหม่จากจินตนาการของตนเอง และแตกต่างจากคนอื่น	- มีความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากคนอื่น	- ไม่มีความคิดที่แปลกใหม่ แต่แตกต่างจากคนอื่น	- ไม่มีความคิดที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากคนอื่น
1.2	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้บางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้
1.3	- สามารถออกแบบชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	- สามารถออกแบบชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน	- สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	- ไม่สามารถออกแบบชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง
1.4	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้มาก	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้น้อย	- ไม่มีการนำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้ และไม่เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง
1.5	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด เป็นส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด บางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดเป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

ข้อ	คะแนน			
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
2. ความคิดคล่องแคล่ว				
2.1	- สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง	- สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้ได้อย่างรวดเร็ว	- สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้ช้า	- ไม่สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้ออกแบบชิ้นงานได้ช้า และไม่ถูกต้อง
2.2	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบอย่างรวดเร็ว และถูกต้อง	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้อง	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้ช้า	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบออกแบบชิ้นงานได้ช้าและไม่ถูกต้อง
2.3	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างช้า	- ไม่สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้คิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างช้า และไม่เหมาะสม
2.4	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลายแตกต่างจากตัวอย่างภายในเวลาที่กำหนด	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลายแตกต่างจากตัวอย่าง	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย	- ไม่สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย และไม่แตกต่างจากตัวอย่าง ไม่ทันเวลาที่กำหนด
2.5	- สร้างชิ้นงานเสร็จและถูกต้อง 80% ขึ้นไป ตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานเสร็จและถูกต้อง 70% ขึ้นไป ตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานเสร็จและถูกต้อง 50% ขึ้นไป ตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานไม่เสร็จภายในเวลาที่กำหนด

ข้อ	คะแนน			
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
3. ความคิดยืดหยุ่น				
3.1	- มีความคิดที่หลากหลายออกแบบชิ้นงานไม่ซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น	- มีความคิดที่หลากหลายในการออกแบบชิ้นงาน	- มีความคิดในการออกแบบชิ้นงาน	- ไม่สามารถคิดออกแบบชิ้นงานและซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น
3.2	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงามเป็นส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงามเป็นบางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม เป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และไม่สวยงาม
3.3	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการออกแบบชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการออกแบบชิ้นงาน	- ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- ไม่มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการออกแบบชิ้นงานและใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น
3.4	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการออกแบบชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการออกแบบชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์บางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการออกแบบชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ เป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการออกแบบชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้
3.5	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างชิ้นงาน	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างชิ้นงาน	- ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน



ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม
สำหรับ ครู

1. สภาพปัญหาในชั้นเรียน

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

2. จุดเด่น

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

3. จุดด้อย

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

แบบสอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ชื่อ.....**ชั้น**.....**เลขที่**.....

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อ สอบถามสภาพปัญหาในชั้นเรียน ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นตามความเป็นจริง

1. นักเรียนขาดทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)
   - ☐ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - ☐ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี
   - ☐ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
   - ☐ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21
   - ☐ อื่นๆ.....

2. นักเรียนอยากให้ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการด้านใดมากที่สุด
   - ☐ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - ☐ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี
   - ☐ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
   - ☐ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21
   - ☐ อื่นๆ.....

3. ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
.....
.....
.....
.....
.....

แบบสัมภาษณ์ครูผู้สอน เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม

แบบสัมภาษณ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในปัจจุบัน

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์..... .....
ตำแหน่ง.....ประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์.....ปี
วันที่สัมภาษณ์.....เวลา..... .....น.

1. ท่านใช้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างไร

2. ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในชั้นเรียนของท่านเป็นอย่างไร

3. ท่านใช้กระบวนการในการการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างไร

4. ครู และนักเรียนมีบทบาทในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร

5. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้อย่างไร

5.1 สื่อและอุปกรณ์

5.2 การจัดบรรยากาศในชั้นเรียน

6. ลักษณะพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในชั้นเรียนของท่านเป็นอย่างไร

7. ลักษณะพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในชั้นเรียนของท่านเป็นอย่างไร

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

โดย รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์, 2560

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว และทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในข้อ ก ข ค และ ง ในกระดาษคำตอบ ข้อสอบมีทั้งหมด จำนวน 20 ข้อ

****

จากปัญหาที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ 1- 2

แสงอาทิตย์มีผลต่อการงอกของเมล็ดทานตะวันหรือไม่

1. ตัวแปรตามของการทดลองนี้คืออะไร

ก. เมล็ดทานตะวันและแสงอาทิตย์

ข. การงอกของเมล็ดทานตะวัน

ค. เมล็ดทานตะวัน

ง. แสงอาทิตย์

2. ตัวแปรต้นของการทดลองนี้คืออะไร

ก. เมล็ดทานตะวันและแสงอาทิตย์

ข. การงอกของเมล็ดทานตะวัน

ค. เมล็ดทานตะวัน

ง. แสงอาทิตย์

3. “ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจริงหรือไม่” ตัวแปรตามในการทดลองคือข้อใด

ก. ชนิดของปุ๋ย

ข. ต้นพืช

ค. การเจริญเติบโตของพืช

ง. อากาศและน้ำ

4. จากการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า “เมื่อพืชได้รับแสงมากก็จะสูงมาก” ตัวแปรในข้อใดที่ไม่ต้องควบคุม

ก. ชนิดของพืช

ข. ปริมาณของแสง

ค. ปริมาณของสารอาหาร

ง. จำนวนวันในการทดลอง

5. ครอบครัวหนึ่งมีอาชีพทำนา ผลผลิตที่ได้ลดลงทุกปี นักเรียนจะตั้งสมมติฐานอย่างไร

ก. สภาพดินที่ปลูกขาดความอุดมสมบูรณ์

ข. สมาชิกในครอบครัวมีอายุมากขึ้น

ค. พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกเสื่อมสภาพ

ง. ควายที่ใช้ไถนาแก่ลง

6. เนยต้องการปลูกชบา โดยนำตาที่กำลังผลิใบมา 2 กิ่งขนาดเท่า ๆ กัน กิ่งที่ 1 นำไปแช่น้ำประปา กิ่งที่ 2 นำไปแช่น้ำประปาผสมเกลือ ข้อใดควรเป็นสมมติฐานของการทดลองนี้

ก. เกลือช่วยให้รากงอกเร็วขึ้น

ข. เกลือและน้ำประปามีผลต่อการผลิใบ

ค. เกลือมีผลต่อการผลิใบของชบา

ง. เกลือหรือน้ำประปามีผลต่อกิ่งชบา

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ใช้ตอบคำถามข้อ 7

“สมชายสังเกตพบว่า เวลายืนเข้าแถวกลางแดด ทำไมบริเวณกางเกงหรือศีรษะ จึงรู้สึกร้อนกว่าบริเวณเสื้อ จึงทำการทดลองโดยนำกระดาษสีต่างๆ คือ ดำ น้ำเงิน ม่วง แดง เหลือง และขาว มาตัดขนาด 2 x 3 นิ้ว พันรอบเทอร์โมมิเตอร์อันละ 1 สี วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของเทอร์โมมิเตอร์ บันทึกข้อมูล นำเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 6 อัน ไปตั้งไว้กลางแดด วัดอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 5, 10 และ 15 นาที”

7. ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมของสถานการณ์นี้

ก. สีดำจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าสีอื่น

ข. สีขาวจะสะท้อนความร้อนได้ดีกว่าสีอื่น

ค. สีเข้มจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าสีอ่อน

ง. สีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้น้อยกว่าสีเข้ม

8. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองดังนี้

ปลูกเมล็ดที่ต่างกัน 4 ชนิด ในกระถางที่เหมือนกันและปริมาณเท่ากัน นำกระถางไปวางไว้ในที่อบอุ่น ได้รับแสงแดด และรดน้ำปริมาณเท่ากันในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน

นักเรียนคนนี้ต้องการทดสอบสมมติฐานข้อใด

ก. เมล็ดพืชใดงอกได้ดีในที่มืด

ข. เมล็ดพืชใดงอกเป็นต้นสูงที่สุด

ค. เมล็ดพืชใดอยู่รอดในอากาศที่หนาว

ง. เมล็ดพืชใดต้องการปริมาณน้ำน้อยที่สุด

9. สารละลายขี้เถ้าต้นกล้วยมีฤทธิ์เป็นเบส คำที่ขีดเส้นใต้ให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

ก. สารละลานมีฤทธิ์ฝาด

ข. สารละลายที่ใช้ในการย้อมผ้าไหม

ค. สารละลายที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องเงิน

ง. สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิสมัตจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

10. การให้ความหมายของคำว่า “รอบเอว” ในข้อใดชัดเจนที่สุด

ก. ระยะทางที่วัดรอบลำตัว

ข. ความกว้างของลำตัวในช่วงหน้าท้อง

ค. ระยะทางที่วัดโดยตรงรอบลำตัวที่อยู่เหนือสะดือขึ้นมา 5 ซ.ม.

ง. ส่วนของร่างกายที่อยู่ต่อกันระหว่างท้องน้อยกับสะโพก

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร

ก. มีความชัดเขน

ข. ทำการวัดได้

ค. สังเกตได้

ง. ถูกทั้งข้อ ก ข และ ค

12. ข้อใดคือนิยามเชิงปฏิบัติการ

ก. การนอนหลับ คือ การพักผ่อนที่ดีที่สุดของคน

ข. แก๊สออกซิเจน คือ แก๊สที่พบทั่วไปในอากาศ

ค. ฉนวนไฟฟ้า คือ ฉนวนที่ห่อหุ้มสายไฟฟ้า

ง. น้ำเดือด คือ น้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

13. เพราะเหตุใดเราจึงต้องทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซ้ำหลายๆ ครั้งก่อนจึงสรุปผล

ก. เพื่อให้เกิดความชำนาญ

ข. เพื่อให้ได้ผลงานมาก

ค. เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้

ง. เพื่อหาข้อบกพร่องในการทดลอง

14. กระบวนการปฏิบัติการโดยใช้ทักษะต่างๆ เช่น การสังเกต การวัด การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใด

ก. ทักษะตั้งสมมติฐาน

ข. ทักษะการทดลอง

ค. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป

ง. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

15. สุรเดชตัดกิ่งมะลิมา 8 กิ่ง มีขนาดเท่าๆ กัน 4 กิ่งแรกนำแช่น้ำ อีก 4 กิ่งนำไปแช่สารละลาย A เพื่อดูการงอกของราก สุรเดชต้องการรู้อะไรในการทดลองครั้งนี้

ก. สาร A ทำให้รากเน่า

ข. สาร A ทำให้รากงอกเร็วขึ้น

ค. กิ่งที่แช่ในน้ำรากจะไม่งอก

ง. สาร A ทำให้มีการแตกยอดอ่อน

16. วิชัยต้องการศึกษาว่า “พืชเจริญเติบโตได้ดีในดินต่างชนิดกันหรือไม่” ควรออกแบบการทดลองอย่างไร

ก. ปลูกพืชชนิดเดียวกันในดินต่างชนิดกัน

ข. ปลูกพืช 2 ชนิด ในดินชนิดเดียวกัน

ค. ปลูกพืชชนิดเดียวกันในดินชนิดเดียวกันแต่ใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน

ง. ปลูกพืชชนิดเดียวกันในดินผสมเหมือนกัน

17. จากข้อมูลข้อใดเป็นการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่ดีที่สุด

ก. เสือและไก่กินสัตว์ได้

ข. พืชเป็นผู้ผลิตและผู้บริโภค

ค. ช้างเป็นสัตว์ใหญ่จึงกินพืชเป็นอาหาร

ง. สัตว์แบ่งออกเป็น 3 พวกคือ กินพืช กิน สัตว์และกินทั้งพืชและสัตว์

18. จับภาชนะที่ใช้ในการหุงต้มอาหารจะทำด้วยพลาสติกหรือไม้เพราะเหตุใด

ก. สมดุลความร้อน

ข. การนำความร้อน

ค. การพาความร้อน

ง. การแผ่รังสีความร้อน

19. จากการทดสอบวิตามินด้วยน้ำแป้งสุก ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนให้สีม่วงน้ำเงินเมื่อหยดวิตามินซีกับวิตามินซีที่ต้มแล้วลงไป นับจำนวนหยดของวิตามินซีที่ทำให้สีม่วงน้ำเงินหายไปได้ผลดังตาราง

ชนิดของวิตามิน	**จำนวนหยด**
วิตามินซี	**7**
วิตามินซีที่ต้มแล้ว	**15**

นักเรียนจะสรุปผลการทดลองตามข้อใด

ก. วิตามินซีเสื่อมคุณภาพเมื่อต้ม

ข. วิตามินซีทำให้สีละลายหมดไป

ค. วิตามินซีมีคุณภาพดีขึ้นเมื่อต้มแล้ว

ง. วิตามินซีคุณภาพเท่าเดิมที่อุณหภูมิห้อง

20. ตาราง ผลการสังเกตการณ์เจริญเติบโตของผักบุ้งที่ปลูกในดินชนิดต่างๆ

ชนิดของดิน	**ผลการสังเกตการเจริญเติบโตของผักบุ้ง**		
	ลักษณะลำต้น	**จำนวนใบต่อต้น**	**ความสูงของต้น (ซ.ม)**
A	ต้นอวบใหญ่	25	22
B	ต้นใหญ่	14	16
C	ต้นใหญ่	8	12
D	ต้นเล็ก	5	6

จากตาราง ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ดิน A ทำให้ผักบุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าดิน B C และ D

ข. ดิน B ทำให้ผักบุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าดิน A C และ D

ค. ดิน C ทำให้ผักบุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าดิน A B และ D

ง. ดิน D ทำให้ผักบุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าดิน A B และ C

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ข้อ	เฉลยคำตอบ
1	ข
2	ง
3	ค
4	ค
5	ก
6	ข
7	ค
8	ข
9	ง
10	ค
11	ง
12	ก
13	ค
14	ข
15	ข
16	ก
17	ง
18	ข
19	ก
20	ก

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

โดย อับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 3 ข้อ ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำทันที แล้วเตรียมทำข้อต่อไป

2. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนต้องพยายามคิดหาคำตอบให้แปลกใหม่ คิดในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง คิดได้หลายแง่มุมให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

3. นักเรียนจะได้คะแนนมาก ถ้าตอบได้มากและเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับเพื่อน ๆ

4. เขียนชื่อ นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ให้เรียบร้อยในกระดาษคำตอบก่อนลงมือทำข้อสอบ

1. ถ้าโลกนี้ไม่มีพืช จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่ (ตัวอย่าง: สิ่งมีชีวิตจะไม่มีออกซิเจนใช้ในการหายใจ เพราะไม่มีพืชเป็นแหล่งผลิตออกซิเจน)

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....
22. .....
23. .....
24. .....
25. .....
26. .....
27. .....

2. กล้วยเป็นพืชพื้นเมืองอยู่คู่คนไทยมาช้านาน คนไทยผูกพันกับกล้วยในทุกห้วงของชีวิต เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมประเพณีไทยแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน อาทิเช่น วัฒนธรรมการเกิด การแต่งงาน การบวช วัฒนธรรมทางอาหาร หรือแม้แต่การละเล่น จนกล่าวได้ว่า กล้วยเป็นพืชประจำบ้านของคนไทย และทรงคุณค่าต่อสังคมไทยมาช้านาน ให้นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วยได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด (ตัวอย่าง: นำใบกล้วยไปห่อขนม)

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....
22. .....
23. .....
24. .....
25. .....

3. ปัจจุบันเกษตรกรไทยกำลังประสบปัญหาราคาสินค้าตกต่ำ โดยเฉพาะราคาข้าว จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น นักเรียนจะเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบข้าว ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ตัวอย่าง: ทำน้ำนมข้าว)

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....
22. .....
23. .....
24. .....
25. .....
26. .....
27. .....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

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

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม	จะได้ 3 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม	จะได้ 2 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม	จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใครมากกว่า 4 คำตอบ	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 3 คำตอบ	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 2 คำตอบ	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 1 คำตอบ	จะได้ 1 คะแนน
หากไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร	จะได้ 0 คะแนน

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หาได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

ตาราง เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับคะแนน	ความคิดสร้างสรรค์		
	ความคิดคล่อง	**ความคิดยืดหยุ่น**	**ความคิดริเริ่ม**
4	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง ≥ 10 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 6 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร ≥ 4 คำตอบ
3	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 7 - 9 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 4 – 5 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 3 คำตอบ
2	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 4 – 6 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 2 – 3 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 2 คำตอบ
1	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 1 - 3 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 1 คำตอบ
0	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ
เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

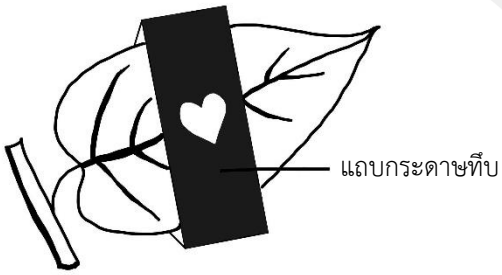
คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว และทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในข้อ ก ข ค และ ง ในกระดาษคำตอบ ข้อสอบมีทั้งหมด จำนวน 20 ข้อ

****

ทักษะการตั้งสมมติฐาน (ข้อ 1-4)

1. ครอบครัวหนึ่งมีอาชีพเกษตรกร ได้ผลผลิตข้าวทุกปีแต่พบว่าผลผลิตลดลงเรื่อย ๆ ทุกปี นักเรียนจะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับเหตุการณ์นี้อย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด
   ก. พื้นที่เพาะปลูกน้อยลง
   ข. เมล็ดพันธุ์ข้าวเสื่อมคุณภาพ
   ค. สมาชิกในครอบครัวมีอายุมากขึ้น
   ง. สภาพที่ดินปลูกมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลง
2. การทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยปลูกต้นไม้ในกระถางที่วางในที่มืดและในที่มีแสง แต่รดน้ำ ใส่ปุ๋ยในปริมาณเท่ากัน สมมติฐานของการทดลองนี้คือข้อใด
   ก. ต้นไม้ที่ใส่ปุ๋ยมากมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นไม้ที่ใส่ปุ๋ยน้อย
   ข. ต้นไม้ที่ปลูกในที่มีแสงมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นไม้ที่ปลูกในที่มืด
   ค. ต้นไม้ที่ไม่ฉีดยาฆ่าแมลงมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นไม้ที่ฉีดยาฆ่าแมลง
   ง. ต้นไม้ที่ให้ปริมาณน้ำมากมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นไม้ที่ให้ปริมาณน้ำน้อย
3. คุณย่าต้องการปลูกต้นชบา โดยนำตาที่กำลังผลิใบมา 2 กิ่งขนาดเท่า ๆ กัน กิ่งที่ 1 นำไปแช่น้ำประปา กิ่งที่ 2 นำไปแช่น้ำประปาผสมเกลือ ข้อใดควรเป็นสมมติฐานของการทดลองนี้
   ก. เกลือช่วยให้รากงอกเร็วขึ้น
   ข. เกลือและน้ำประปามีผลต่อการผลิใบ
   ค. เกลือมีผลต่อการผลิใบของชบา
   ง. เกลือหรือน้ำประปามีผลต่อกิ่งชบา

4. นักเรียนคนหนึ่งทดลองวางต้นพืชที่ปลูกในกระถางไว้ในที่มืด 2 วัน จากนั้นนำกระดาษทึบเจาะรูปหัวใจไปปิดทับกับด้านบนและด้านล่างของใบ โดยให้ช่องที่เจาะเป็นรูปหัวใจอยู่ด้านบนของใบดังภาพ นำต้นพืชไปวางกลางแดด 3 ชั่วโมง จากนั้นเด็ดใบพืชมาสกัดคลอโรฟิลล์ออกแล้วทดสอบแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน จากการทดองนี้นักเรียนควรตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร



ก. แสงจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่

ข. คลอโรฟิลล์จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่

ค. ถ้ากระดาษมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น บริเวณถูกแสงมากจะพบแป้ง

ง. ถ้าคลอโรฟิลล์จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น บริเวณถูกแสงจะพบแป้ง

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (ข้อ 5-8)

5. การทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชโดยการรดน้ำ และใส่ปุ๋ย คำที่ขีดเส้นใต้ให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

ก. วัดน้ำหนักของต้นไม้

ข. วัดความสูงของต้นไม้

ค. วัดปริมาณน้ำที่รดต้นไม้

ง. วัดปริมาณปุ๋ยที่ใส่ต้นไม้

6. เด็กชายสมศักดิ์ทดลองการดูดน้ำของต้นกระสังที่มีลำต้นลักษณะใสในแก้วขนาดต่างกัน โดยเขาใช้น้ำสีแทนน้ำธรรมดา วิธีการใดที่มีความเหมาะสมในการวัดอัตราเร็วของการดูดน้ำของต้นกระสัง ข้อใดให้คำนิยามของคำว่า “การวัดอัตราเร็ว” ในการทดลองนี้ได้ถูกต้อง

ก. ปริมาณน้ำที่หายไปต่อเวลา

ข. ปริมาณน้ำที่รากดูดต่อเวลา

ค. ระยะทางของน้ำที่รากดูดต่อเวลา

ง. ระยะเวลาที่ใช้ในการดูดน้ำ

7. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นกระบวนการสร้างอาหารของพืชสีเขียว โดยมีคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนสารวัตถุดิบ คือ น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส น้ำ และแก๊สออกซิเจน ข้อใดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า แก๊สออกซิเจน ที่สามารสังเกตและทดลองได้

    ก. เป็นแก๊ที่มีสีเทาดำ

    ข. เป็นแก๊สที่ทำให้เทียนไขติดไฟได้

    ค. เป็นแก๊สที่มีกลิ่นเหม็นคล้ายไข่เน่า

    ง. เป็นแก๊สที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์ของออกซิเจน 2 อะตอม

8. การทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า “ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่” จะต้องกำหนดนิยามคำใด

    ก. ปุ๋ย

    ข. มีผลต่อ

    ค. พืช

    ง. การเจริญเติบโตของพืช

ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร (ข้อ 9-12)

9. จากการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า “เมื่อพืชได้รับแสงมากก็จะสูงมาก” ตัวแปรในข้อใดที่<u>ไม่ต้องควบคุม</u>

    ก. ชนิดของพืช

    ข. ปริมาณของแสง

    ค. ปริมาณของสารอาหาร

    ง. จำนวนวันในการทดลอง

10. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองโดยใส่ดิน น้ำ และทราย ปริมาณเท่า ๆ กัน ลงในภาชนะชนิดเดียวกัน วัดอุณหภูมิแล้วนำไปวางกลางแดดเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นวัดอุณหภูมิอีกครั้งหนึ่ง ตัวแปรตามในการทดลองนี้คืออะไร

    ก. ดิน

    ข. ทราย

    ค. แสงแดด

    ง. อุณหภูมิ

11. ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า “ปุ๋ยคอกมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช” ในการทดลองนี้ต้องจัดอะไรให้แตกต่างกัน

ก. ชนิดของปุ๋ย

ข. ชนิดของพืช

ค. ขนาดของพืช

ง. ปริมาณของปุ๋ย

12. จากการทดลองปลูกอ้อย 3 แปลง โดยใช้ดินสภาพเดียวกัน แปลงที่ 1 ใช้ปุ๋ย A 20 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ 2 ใช้ปุ๋ย B 20 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ 3 ใช้ปุ๋ย C 20 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ข้าวโพดทั้ง 3 แปลง มีผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันอย่างชัดเจน” ข้อใดเป็นตัวแปรต้น

ก. ปริมาณปุ๋ย

ข. ชนิดของปุ๋ย

ค. ชนิดของดินที่ปลูก

ง. ผลผลิตของอ้อยต่อไร่

ทักษะการทดลอง (ข้อ 13-16)

13. การศึกษาเรื่อง “อุณหภูมิมีผลต่อการงอกของเมล็ดพืช” ควรเลือกใช้อุปกรณ์การทดลองชุดใด

ก. เมล็ดพืชแช่น้ำแล้ว 1 คืน เตาอบ กระถางเพาะเมล็ด

ข. เมล็ดพืชแช่น้ำแล้ว 1 คืน กระถางสำหรับเพาะเมล็ด เทอร์มอมิเตอร์

ค. เมล็ดพืชแช่น้ำแล้ว 1 คืน อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ อุปกรณ์รดน้ำ

ง. เมล็ดพืชแช่น้ำแล้ว 1 คืน อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เทอร์มอมิเตอร์

14. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองได้อย่างถูกต้อง

1. ตั้งสมมติฐานจากตัวแปร
2. เลือกปัญหาที่สนใจ
3. บอกวิธีวัดตัวแปรชนิดต่าง ๆ
4. ออกแบบการทดลองและเสนอแนะอุปกรณ์

ก. 3, 1, 2, 4

ข. 2, 1, 3, 4

ค. 2, 3, 1, 4

ง. 1, 2, 3, 4

15. เด็กหญิงแพรวาต้องการศึกษา “น้ำร้อนหรือน้ำเย็นใช้สกัดสีจากพืชได้ดีกว่ากัน” จะต้องออกแบบการทดลองอย่างไร

ก. ใช้พืชต่างชนิดกัน ปริมาณน้ำเท่ากัน และอุณหภูมิของน้ำต่างกัน

ข. ใช้พืชชนิดเดียวกัน ปริมาณน้ำเท่ากัน และอุณหภูมิของน้ำต่างกัน

ค. ใช้พืชต่างชนิดกัน ปริมาณน้ำต่างกัน และอุณหภูมิของน้ำต่างกัน

ง. ใช้พืชชนิดเดียวกัน ปริมาณน้ำต่างกัน และอุณหภูมิของน้ำต่างกัน

16. การศึกษาการลำเลียงน้ำของพืช โดยการทดลองครั้งที่ 1 นำต้นกระสังที่มีรากติดอยู่แช่ในน้ำสีแดง แล้วจับเวลาที่น้ำสีแดงเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลำต้นจนมีความสูง 5 เซนติเมตร พบว่าใช้เวลา 7 นาที จากนั้น ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 โดยมีการปรับสภาพแวดล้อมให้ต่างไปจากการทดลองครั้งที่ 1 แล้วพบว่าน้ำสีแดงเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลำต้นจนมีความสูง 5 เซนติเมตร ใช้เวลาเพียง 4 นาที ในการทดลองครั้งที่ 2 มีการปรับสภาพแวดล้อมอย่างไร ที่ทำให้อัตราการคายน้ำเปลี่ยนไปจากการทดลองครั้งที่ 1

ก. ปรับให้ความเข้มแสงและอุณหภูมิลดลง โดยปัจจัยอื่นคงที่

ข. ปรับให้ความชื้นเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิลดลง โดยปัจจัยอื่นคงที่

ค. ปรับให้ความชื้นลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยปัจจัยอื่นคงที่

ง. ปรับให้ความเข้มแสงและความเร็วลมลดลง โดยปัจจัยอื่นคงที่

ทักษะการตีความหมายข้อมูล (ข้อ 17-20)

17. พี่กับน้องปลูกต้นกุหลาบในกระถางคนละต้นโดยทั้ง 2 คน รดน้ำใส่ปุ๋ยคนละชนิดกัน เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน กุหลาบของพี่ออกดอก แต่กุหลาบของน้องไม่ออกดอก ข้อใดแสดงการลงความเห็นข้อมูลได้ดีที่สุด

ก. น้ำมีส่วนทำให้กุหลาบออกดอก

ข. แสงแดดมีส่วนทำให้กุหลาบออกดอก

ค. ปุ๋ยที่ใส่ในต้นกุหลาบของพี่เร่งการออกดอก

ง. ปุ๋ยที่ใส่ในต้นกุหลาบของน้องเร่งการออกดอก

18. เด็กชายมานะทำการทดลองดังนี้

1. เด็ดใบพลูด่างไปแช่ในน้ำเดือด 5 นาที
2. แช่ใบพลูด่างในแอลกอฮอล์อุ่น ๆ นาน ๆ
3. จุ่มใบพลูด่างในสารละลายไอโอดีน พบว่าส่วนของใบที่เคยมีสีเขียวกลายเป็นสีน้ำเงิน ส่วนที่มีสีขาวด่างไม่เป็นสีน้ำเงิน

จากการทดลองนี้ควรสรุปผลการทดลองอย่างไร

ก. ใบพลูด่างสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ข. การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้แป้ง

ค. พืชใช้คลอโรฟิลล์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

ง. ถ้าไม่มีแสงสว่างพืชสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้

19. ดอกชบาเป็นดอกครบส่วน และเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ข้อสรุปเกี่ยวกับประเภทของดอกข้อใดกล่าวถูกต้อง

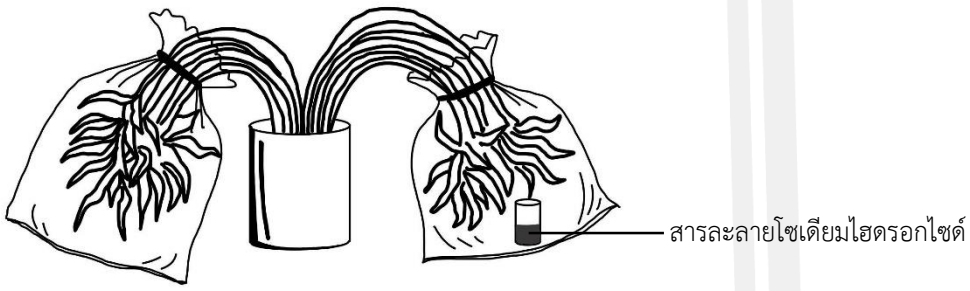
ก. ดอกครบส่วนอาจเป็นดอกสมบูรณ์เพศก็ได้

ข. ดอกสมบูรณ์เพศต้องเป็นดอกครบส่วนเสมอ

ค. ดอกไม่สมบูรณ์เพศต้องเป็นดอกครบส่วนเสมอ

ง. ดอกไม่ครบส่วนอาจเป็นดอกสมบูรณ์เพศหรือไม่สมบูรณ์เพศก็ได้

20. จากภาพการทดลอง นำถุงพลาสติกใสห่อหุ้มต้นผักบุ้งไว้ 2 ถุง ถุง A ไม่ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนถุง B ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สรุปได้ว่าอย่างไร



ก. พืชจะตายเมื่ออยู่ในถุงพลาสติก

ข. ผลจากการสร้างอาหารของพืช คือ แป้งและออกซิเจน

ค. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสิ่งจำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง

ง. การเพิ่มอุณหภูมิของใบโดยการใช้ถุงพลาสติกครอบไว้ จะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ข้อ	เฉลยคำตอบ
1	ง
2	ข
3	ข
4	ง
5	ก
6	ค
7	ข
8	ง
9	ข
10	ง
11	ก
12	ข
13	ข
14	ข
15	ข
16	ค
17	ค
18	ข
19	ง
20	ค

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 3 ข้อ ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำทันที แล้วเตรียมทำข้อต่อไป

2. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนต้องพยายามคิดหาคำตอบให้แปลกใหม่ คิดในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง คิดได้หลายแง่มุมให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

3. นักเรียนจะได้คะแนนมาก ถ้าตอบได้มากและเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับเพื่อน ๆ

4. เขียนชื่อ นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ให้เรียบร้อยในกระดาษคำตอบก่อนลงมือทำข้อสอบ

1. หากต้องการปลูกพืชในอุโมงค์ใต้ดิน ต้องทำอย่างไรบ้างให้อุโมงค์ใต้ดินมีสภาพแวดล้อมที่สามารถปลูกพืชได้ ให้นักเรียนพยายามคิดให้ได้จำนวนคำตอบมากที่สุด และต้องตอบจากความคิดที่เป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์ (ตัวอย่าง: ต้องศึกษาความต้องการของพืช วางระบบน้ำ)

    1. .....
    2. .....
    3. .....
    4. .....
    5. .....
    6. .....
    7. .....
    8. .....
    9. .....
    10. .....
    11. .....
    12. .....
    13. .....
    14. .....
    15. .....
    16. .....
    17. .....
    18. .....
    19. .....
    20. .....
    21. .....
    22. .....
    23. .....
    24. .....
    25. .....
    26. .....
    27. .....

2. ให้นักเรียนตั้งคำถามจากคำว่า “พืช” ให้ได้จำนวนคำถามมากที่สุด โดยพยายามคิดหาคำถามที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนใคร และมีความหมาย

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....
22. .....
23. .....
24. .....
25. .....

3. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้ แล้วระบุสาเหตุเกี่ยวกับเหตุการณ์ในภาพให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด และต้องตอบจากความคิดที่เป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 7 คะแนนขึ้นไป	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 5 - 6 คะแนน	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 3 - 4 คะแนน	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 2 คะแนน	จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม	จะได้ 3 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม	จะได้ 2 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม	จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใครมากกว่า 4 คำตอบ	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 3 คำตอบ	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 2 คำตอบ	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 1 คำตอบ	จะได้ 1 คะแนน
หากไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร	จะได้ 0 คะแนน

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หาได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

ตาราง เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับคะแนน	ความคิดสร้างสรรค์		
	ความคิดคล่อง	**ความคิดยืดหยุ่น**	**ความคิดริเริ่ม**
4	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง ≥ 7 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 6 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร ≥ 4 คำตอบ
3	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 5 - 6 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 4 – 5 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 3 คำตอบ
2	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 3 – 4 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 2 – 3 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 2 คำตอบ
1	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 1 - 2 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 1 คำตอบ
0	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์		กลุ่มที่					
		1	2	3	4	5	6
1. ความคิดริเริ่ม							
1.1	นักเรียนมีความคิดที่แปลกใหม่จากจินตนาการของกลุ่มตนเอง และแตกต่างจากกลุ่มอื่น						
1.2	นักเรียนสามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ประกอบการสอน						
1.3	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง						
1.4	นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงาน						
1.5	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด						
2. ความคิดคล่องแคล่ว							
2.1	นักเรียนสามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง						
2.2	นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบ ภายในเวลาที่กำหนด						
2.3	นักเรียนสามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม						
3.4	นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แตกต่างจากตัวอย่าง ภายในเวลาที่กำหนด						
2.5	นักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จ ภายในเวลาที่กำหนด						
3. ความคิดยืดหยุ่น							
3.1	นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย ออกแบบชิ้นงานไม่ซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น						
3.2	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลายแปลกใหม่ และสวยงาม						

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์		กลุ่มที่					
		1	2	3	4	5	6
3.3	นักเรียนมีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น						
3.4	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์						
3.5	นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน						

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

(.....)

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

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพในแต่ละด้าน

ช่วงคะแนน ระดับคุณภาพ

คะแนน 11-15 ระดับ ดี

คะแนน 6-10 ระดับ พอใช้

คะแนน 0-5 ระดับ ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนน			
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ความคิดริเริ่ม				
1.1 มีความคิดที่แปลกใหม่จากจินตนาการของกลุ่มตนเอง และแตกต่างจากกลุ่มอื่น	- มีความคิดที่แปลกใหม่จากจินตนาการของกลุ่มตนเอง และแตกต่างจากกลุ่มอื่น	- มีความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากกลุ่มอื่น	- ไม่มีความคิดที่แปลกใหม่ แต่แตกต่างจากกลุ่มอื่น	- ไม่มีความคิดที่แปลกใหม่ที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น
1.2 สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ประกอบการสอน	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้บางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้
1.3 สามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียนและสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	- สามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	- สามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน	- สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	- ไม่สามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียน และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง
1.4 นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้มาก	- นำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้น้อย	- ไม่มีการนำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้ และไม่เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนน			
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
1.5 สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด	- สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด เป็นส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด เป็นบางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด เป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด
2. ความคิดคล่องแคล่ว				
2.1 สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง	- สามารถคิดและออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง	- สามารถคิดและออกแบบชิ้นงานได้ได้อย่างรวดเร็ว	- สามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้ช้า	- ไม่สามารถคิดและออกแบบชิ้นงานได้ออกแบบชิ้นงานได้ช้า และไม่ถูกต้อง
2.2 สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบภายในเวลาที่กำหนด	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบ อย่างรวดเร็ว และถูกต้อง	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้ช้า	- สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบออกแบบชิ้นงานได้ช้าและไม่ถูกต้อง
2.3 สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว	- สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างช้า	- ไม่สามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้คิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างช้า และไม่เหมาะสม

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนน			
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
2.4 สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แตกต่างจากตัวอย่าง ภายในเวลาที่กำหนด	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แตกต่างจากตัวอย่าง ภายในเวลาที่กำหนด	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แตกต่างจากตัวอย่าง	- สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย	- ไม่สามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย และไม่แตกต่างจากตัวอย่างไม่ทันเวลาที่กำหนด
2.5 สร้างชิ้นงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานเสร็จ และถูกต้อง 80% ขึ้นไปตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานเสร็จ และถูกต้อง 70% ขึ้นไป ตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานเสร็จและถูกต้อง 50% ขึ้นไป ตามเวลาที่กำหนด	- สร้างชิ้นงานไม่เสร็จ ภายในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น				
3.1 มีความคิดที่หลากหลาย ออกแบบชิ้นงานไม่ซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น	- มีความคิดที่หลากหลาย ออกแบบชิ้นงานไม่ซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น	- มีความคิดที่หลากหลายในการออกแบบชิ้นงาน	- มีความคิดในการออกแบบชิ้นงาน	- ไม่สามารถคิดออกแบบชิ้นงานและซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น
3.2 สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม	- สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม เป็นส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม เป็นบางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม เป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และไม่สวยงาม
3.3 มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน	- ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- ไม่มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน และใช้วัสดุซ้ำชิ้นงานอื่น

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนน			
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
3.3 มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน	- ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น	- ไม่มีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน และใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น
3.4 สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นส่วนใหญ่ 80% ขึ้นไป	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นบางส่วน 70% ขึ้นไป	- สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นส่วนน้อย 50% ขึ้นไป	- ไม่สามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้
3.5 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างชิ้นงาน	- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างชิ้นงาน	- ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน

แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
สำหรับ นักเรียน

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก
ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี
ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี
ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้
ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ที่	รายการ	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. บทบาทผู้สอน						
1.1	ผู้สอนถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชได้อย่างดี					
1.2	ผู้สอนใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง					
1.3	ผู้สอนจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก					
1.4	ผู้สอนจัดเตรียม สื่อ เอกสาร ข้อมูลที่น่าสนใจให้แก่ผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ					
1.5	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถามขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้					

ที่	รายการ	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
2. บทบาทผู้เรียน						
2.1	ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้					
2.2	ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเอง					
2.3	ผู้เรียนมีโอกาสอภิปราย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น					
2.4	ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบ และเลือกแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
2.5	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวิชาศิลปะร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์					
2.6	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงานจากวัสดุเหลือใช้					
3. วิธีการจัดการเรียนรู้						
3.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้โดยใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย					
3.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ					
3.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
3.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์					
3.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเลือกวัสดุเหลือใช้ในการสร้างชิ้นงาน					
3.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน					
3.7	ระยะเวลาที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					

ที่	รายการ	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
4. การวัดและการประเมินผล						
4.1	ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
4.2	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมการวัดและประเมินผล					
4.3	เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดประเมินผลมีความเป็นไปได้ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน					
4.4	การวัดประเมินผลมีความชัดเจน และตรวจสอบได้					
4.5	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดประเมินผลมีเหมาะสมกับการเรียนรู้					
4.6	การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

(.....)

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

ภาคผนวก ค
แบบประเมินการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้
เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก
ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี
ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี
ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้
ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. ตัวชี้วัด						
1.1	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
1.2	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดชัดเจน					
1.3	เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
2. สาระสำคัญ						
2.1	กระชับ ชัดเจน					
2.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
3.2	สามารถวัดได้					
3.3	เหมาะสมกับระดับชั้น					
3.4	สอดคล้องกับเนื้อหา					
3.5	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน					
4. สาระการเรียนรู้						
4.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
4.2	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.3	ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน					
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
5.1	น่าสนใจและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
5.2	สอดคล้องกับเนื้อหา					
5.3	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.4	เหมาะสมกับเวลาที่สอน					
5.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้						
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
6.2	สอดคล้องกับเนื้อหา					
6.3	เหมาะสมกับเวลา					
6.4	น่าสนใจ นำไปใช้จริงได้ตามที่ระบุ					
6.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้					
7. การวัดและประเมินผล						
7.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
7.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
7.3	เครื่องมือที่ใช้เหมาะสมกับวัย					
7.4	ใช้วิธีการวัดที่หลากหลาย					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

(.....)

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

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน
ตามแนวคิดของทอรแรนซ์ (Torrance)
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก
ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี
ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี
ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้
ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. ความคิดริเริ่ม						
1.1	นักเรียนมีความคิดที่แปลกใหม่จากจินตนาการของกลุ่มตนเอง และแตกต่างจากกลุ่มอื่น					
1.2	นักเรียนสามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แตกต่างจากตัวอย่างที่ครูใช้ประกอบการสอน					
1.3	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่สรุปได้จากการเรียนและสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง					
1.4	นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับมาดัดแปลง ปรับประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมต่อการสร้างชิ้นงานจริง					
1.5	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด					
2. ความคิดคล่องแคล่ว						
2.1	นักเรียนสามารถคิด และออกแบบชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง					
2.2	นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบ ภายในเวลาที่กำหนด					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
2.3	นักเรียนสามารถคิดค้นหาวัสดุที่นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม					
2.4	นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลายแตกต่างจากตัวอย่าง ภายในเวลาที่กำหนด					
2.5	นักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จ ภายในเวลาที่กำหนด					
3. ความคิดยืดหยุ่น						
3.1	นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย ออกแบบชิ้นงานไม่ซ้ำรูปแบบกลุ่มอื่น					
3.2	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่และสวยงาม					
3.3	นักเรียนมีกรอบแนวคิดแบบเดิมในการสร้างชิ้นงาน แต่ไม่ใช้วัสดุซ้ำกับชิ้นงานอื่น					
3.4	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชิ้นงานในเหมาะสมกับสถานการณ์					
3.5	นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้านในการสร้างชิ้นงาน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

(.....)

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

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 15 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
1. ตัวชี้วัด										
1.1	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดชัดเจน	5	5	5	4	4	23	4.60	0.55	มาก
1.3	เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	4	4	4	22	4.40	0.55	มากที่สุด
2. สาระสำคัญ										
2.1	กระชับ ชัดเจน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4	5	23	4.60	0.55	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้										
3.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2	สามารถวัดได้	5	5	5	4	4	23	4.60	0.55	
3.3	เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	4	4	4	22	4.40	0.55	มากที่สุด
3.4	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน	5	5	3	4	5	22	4.40	0.89	มาก
4. สาระการเรียนรู้										
4.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
4.2	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3	ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	5	5	4	4	4	22	4.40	0.55	มาก
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้										
5.1	น่าสนใจและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	4	4	23	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
5.4	เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	3	4	4	21	4.20	0.84	มาก
5.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้										
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	24	4.80	0.45	มาก
6.2	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
6.3	เหมาะสมกับเวลา	5	4	3	4	4	20	4.00	0.71	มาก
6.4	น่าสนใจ นำไปใช้จริงได้ตามที่ระบุ	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	มาก
6.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	มาก

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
7. การวัดและประเมินผล										
7.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	3	22	4.40	0.89	มาก
7.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	3	23	4.60	0.89	มาก
7.3	เครื่องมือที่ใช้เหมาะสมกับวัย	5	5	4	4	4	22	4.40	0.55	มาก
7.4	ใช้วิธีการวัดที่หลากหลาย	5	5	3	4	4	21	4.20	0.84	มาก
รวม								**4.67**	**0.40**	**มากที่สุด**

ตาราง 16 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
1. ตัวชี้วัด										
1.1	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดชัดเจน	5	5	5	4	5	24	4.80	0.45	มาก
1.3	เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
2. สาระสำคัญ										
2.1	กระชับ ชัดเจน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้										
3.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2	สามารถวัดได้	5	5	5	4	5	24	4.8	0.45	
3.3	เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน	5	5	5	4	5	24	4.80	0.45	มาก
4. สาระการเรียนรู้										
4.1	มีความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
4.3	ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มาก
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้										
5.1	น่าสนใจและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
5.4	เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	4	5	24	4.80	0.45	มาก
5.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้										
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	24	4.80	0.45	มาก
6.2	สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มากที่สุด
6.3	เหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	4	24	4.80	0.45	มาก
6.4	น่าสนใจ นำไปใช้จริงได้ตามที่ระบุ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มาก
6.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	มาก
7. การวัดและประเมินผล										
7.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.60	0.55	มาก

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5				
7.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.80	0.45	มาก
7.3	เครื่องมือที่ใช้เหมาะสมกับวัย	5	5	5	4	4	23	4.60	0.55	มาก
7.4	ใช้วิธีการวัดที่หลากหลาย	5	5	5	5	4	24	4.80	0.45	มาก
รวม								**4.91**	**0.17**	**มากที่สุด**

ตาราง 17 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ทักษะ	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	6	+1	+1	+1	0	0	3	0.60	ปรับปรุง
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
	11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
ทักษะการทดลอง	19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	20	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
	21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 17 (ต่อ)

ทักษะ	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก รายข้อของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ข้อที่	N_1	จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (U)	N_2	จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (L)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ค่าความยากง่าย (P)	หมายเหตุ
1	26	21	16	9	0.25	0.71	เลือกใช้
2	26	14	16	7	0.10	0.50	ไม่ใช้
3	26	17	16	6	0.28	0.55	เลือกใช้
4	26	15	16	5	0.26	0.48	เลือกใช้
5	26	18	16	4	0.44	0.52	เลือกใช้
6	26	18	16	10	0.07	0.67	ไม่ใช้
7	26	20	16	6	0.39	0.62	เลือกใช้
8	26	12	16	7	0.02	0.45	ไม่ใช้
9	26	24	16	8	0.42	0.76	เลือกใช้
10	26	20	16	3	0.58	0.55	เลือกใช้
11	26	14	16	4	0.29	0.43	ไม่ใช้
12	26	20	16	5	0.46	0.60	เลือกใช้
13	26	22	16	9	0.28	0.74	เลือกใช้
14	26	22	16	6	0.47	0.67	เลือกใช้
15	26	22	16	5	0.53	0.64	เลือกใช้
16	26	22	16	9	0.28	0.74	เลือกใช้
17	26	19	16	11	0.04	0.71	ไม่ใช้
18	26	17	16	8	0.15	0.60	ไม่ใช้
19	26	24	16	5	0.61	0.69	เลือกใช้
20	26	14	16	7	0.10	0.05	ไม่ใช้
21	26	20	16	7	0.33	0.64	เลือกใช้
22	26	23	16	8	0.38	0.40	ไม่ใช้

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	N_1	จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (U)	N_2	จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (L)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ค่าความยากง่าย (P)	หมายเหตุ
23	26	18	16	8	0.19	0.62	ไม่ใช้
24	26	21	16	4	0.56	0.60	เลือกใช้
25	26	18	16	4	0.44	0.52	เลือกใช้
26	26	18	16	9	0.13	0.64	ไม่ใช้
27	26	21	16	6	0.43	0.64	เลือกใช้
28	26	20	16	3	0.58	0.55	เลือกใช้
29	26	21	16	10	0.18	0.74	เลือกใช้
30	26	24	16	9	0.36	0.79	เลือกใช้

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ข้อที่คัดเลือกไว้ใช้

ข้อที่	N_1	จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (U)	N_2	จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก (L)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ค่าความยากง่าย (P)	หมายเหตุ
1	25	21	15	9	0.25	0.71	ใช้ได้
2	25	17	15	6	0.28	0.55	ใช้ได้
3	25	15	15	5	0.26	0.48	ใช้ได้
4	25	18	15	4	0.44	0.52	ใช้ได้
5	25	20	15	6	0.39	0.62	ใช้ได้
6	25	24	15	8	0.42	0.76	ใช้ได้
7	25	20	15	3	0.58	0.55	ใช้ได้
8	25	20	15	5	0.46	0.60	ใช้ได้
9	25	22	15	9	0.28	0.74	ใช้ได้
10	25	22	15	6	0.47	0.67	ใช้ได้
11	25	22	15	5	0.53	0.64	ใช้ได้
12	25	22	15	9	0.28	0.74	ใช้ได้
13	25	24	15	5	0.61	0.69	ใช้ได้
14	25	20	15	7	0.33	0.64	ใช้ได้
15	25	23	15	8	0.38	0.74	ใช้ได้
16	25	21	15	4	0.56	0.60	ใช้ได้
17	25	18	15	4	0.44	0.52	ใช้ได้
18	25	21	15	6	0.43	0.64	ใช้ได้
19	25	20	15	3	0.58	0.55	ใช้ได้
20	25	24	15	9	0.36	0.79	ใช้ได้
ค่าวามเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{cc}) เท่ากับ 0.98							

ตาราง 20 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	0	5	0.8	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	0	0	5	0.6	ใช้ได้
3	+1	0	0	+1	+1	5	0.6	ใช้ได้
4	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้
5	0	+1	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้
6	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่คัดเลือกไว้ใช้

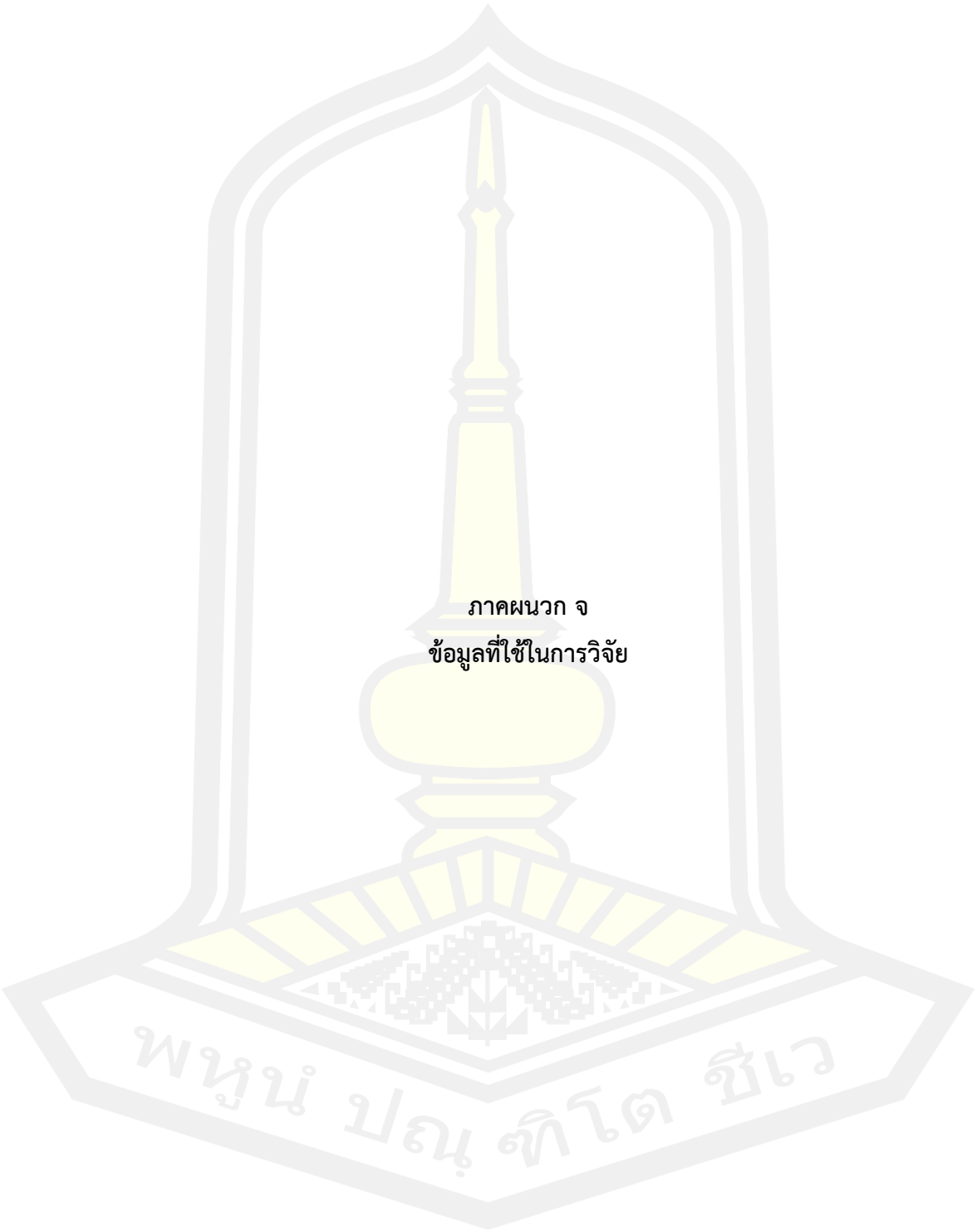
ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเชื่อมั่น ∝
1	0.42	0.87
2	0.30	
3	0.61	

ตาราง 22 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียน ตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ (Torrance)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ความคิดริเริ่ม								
1.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.5	+1	+1	+1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
2. ความคิดคล่องแคล่ว								
2.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.2	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ใช้ได้
2.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3. ความคิดยืดหยุ่น								
3.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.4	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ใช้ได้
3.5	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 23 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. บทบาทผู้สอน								
1.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2. บทบาทผู้เรียน								
2.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.2	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ใช้ได้
2.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3. วิธีการจัดการเรียนรู้								
3.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4. การวัดและการประเมินผล								
4.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้



ภาคผนวก จ
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 24 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (Try Out) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	20	10	10	20	20
1	7	7	8	15	16
2	7	7	9	16	17
3	6	6	9	15	16
4	5	7	10	17	17
5	4	8	10	18	16
6	6	8	8	16	18
7	7	7	9	16	16
8	6	6	9	15	17
9	8	6	9	15	15
10	9	7	10	17	17
11	5	8	8	16	14
12	4	7	10	17	15
13	4	7	10	17	16
14	6	8	9	17	18
15	4	9	7	16	17
16	3	7	9	16	16
17	6	7	10	17	17
18	7	7	9	16	16
19	9	8	9	17	14
20	7	7	9	16	14
21	5	8	8	16	15
22	5	9	8	17	18

ตาราง 24 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	20	10	10	20	20
23	5	7	9	16	13
24	4	6	10	16	16
25	3	7	9	16	18
26	6	8	8	16	16
27	7	7	9	16	15
28	8	5	9	14	15
29	8	6	9	15	17
30	7	7	10	17	16
31	9	9	8	17	18
32	9	7	8	15	15
33	7	10	7	17	17
34	10	7	9	16	16
35	5	6	9	15	14
36	4	7	8	15	17
37	6	7	10	17	15
38	5	8	8	16	14
39	5	9	9	18	18
40	7	7	10	17	15
41	8	8	9	17	16
42	5	8	9	17	18
รวม	258	307	374	681	674
$\overline{X}$	6.14	7.31	8.90	16.21	16.05
S.D.	1.76	1.00	0.82	0.90	1.34
ร้อยละ	30.71	73.10	89.05	81.07	80.24

ตาราง 25 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	20	10	10	20	20
1	5	9	10	19	15
2	5	7	9	16	15
3	7	8	9	17	18
4	8	7	9	16	17
5	6	7	9	16	15
6	8	9	8	17	17
7	7	7	10	17	16
8	11	8	10	18	16
9	5	7	9	16	17
10	9	8	9	17	18
11	3	7	8	15	16
12	12	8	8	16	18
13	7	7	9	16	15
14	8	10	8	18	15
15	8	7	10	17	17
16	7	9	9	18	19
17	6	7	9	16	16
18	8	8	9	17	15
19	7	6	9	15	14
20	6	7	10	17	16
21	5	8	10	18	16
22	7	7	10	17	18

ตาราง 25 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	20	10	10	20	20
23	7	6	9	15	15
24	8	6	10	16	18
25	6	7	7	14	18
26	5	8	9	17	16
27	6	9	8	17	17
28	4	7	8	15	16
29	7	8	8	16	16
30	8	8	10	18	17
31	7	6	10	16	16
32	11	7	9	16	18
33	8	8	7	15	15
34	7	6	9	15	15
35	9	9	9	18	18
36	6	9	8	17	14
37	8	7	9	16	16
38	7	7	8	15	17
39	9	8	8	16	16
40	10	6	10	16	18
41	8	9	9	18	18
42	6	8	9	17	16
รวม	302	317	375	692	689
$\overline{X}$	7.19	7.55	8.93	16.48	16.40
S.D.	1.84	1.02	0.84	1.11	1.27
ร้อยละ	35.95	75.48	89.29	82.38	82.02

ตาราง 26 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (Try Out) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	36	45	45	90	36
1	18	37	42	79	30
2	16	38	40	78	28
3	13	37	40	77	21
4	16	36	38	74	31
5	18	29	36	65	29
6	16	32	34	66	26
7	12	35	43	78	19
8	13	39	41	80	27
9	15	29	34	63	32
10	16	29	36	65	26
11	16	33	35	68	29
12	15	37	43	80	27
13	18	39	44	83	31
14	19	34	38	72	34
15	21	36	36	72	26
16	18	39	43	82	33
17	18	37	42	79	31
18	19	34	35	69	26
19	16	35	36	71	25
20	19	42	43	85	25
21	20	38	35	73	34
22	15	38	40	78	33

ตาราง 26 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	36	45	45	90	36
23	18	29	31	60	30
24	14	35	42	77	29
25	16	35	39	74	26
26	18	37	40	77	28
27	15	31	29	60	33
28	19	35	42	77	30
29	17	37	39	76	34
30	14	36	39	75	35
31	15	37	38	75	29
32	13	38	43	81	27
33	14	33	38	71	35
34	16	36	43	79	29
35	18	29	31	60	31
36	19	36	42	78	34
37	13	29	39	68	33
38	20	35	43	78	30
39	14	37	46	83	27
40	15	31	34	65	26
41	19	35	43	78	25
42	18	37	39	76	32
รวม	692	1471	1634	3105	1226
$\overline{X}$	16.48	35.02	38.90	73.93	29.19
S.D.	2.28	3.28	3.97	6.67	3.68
ร้อยละ	45.77	77.83	86.46	82.14	81.08

ตาราง 27 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 42 คน

เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
คะแนนเต็ม	36	45	45	90	36
1	16	40	42	82	27
2	13	35	38	73	32
3	8	40	42	82	19
4	12	37	38	75	29
5	14	27	28	55	32
6	12	29	38	67	31
7	10	33	35	68	30
8	19	36	43	79	28
9	12	38	44	82	29
10	8	30	38	68	28
11	16	38	36	74	27
12	14	39	43	82	31
13	12	37	43	80	33
14	16	34	35	69	32
15	15	35	36	71	25
16	17	37	40	77	36
17	11	36	40	76	22
18	14	29	31	60	28
19	13	35	42	77	28
20	13	37	39	76	26
21	21	36	35	71	33
22	11	35	37	72	28

ตาราง 27 (ต่อ)

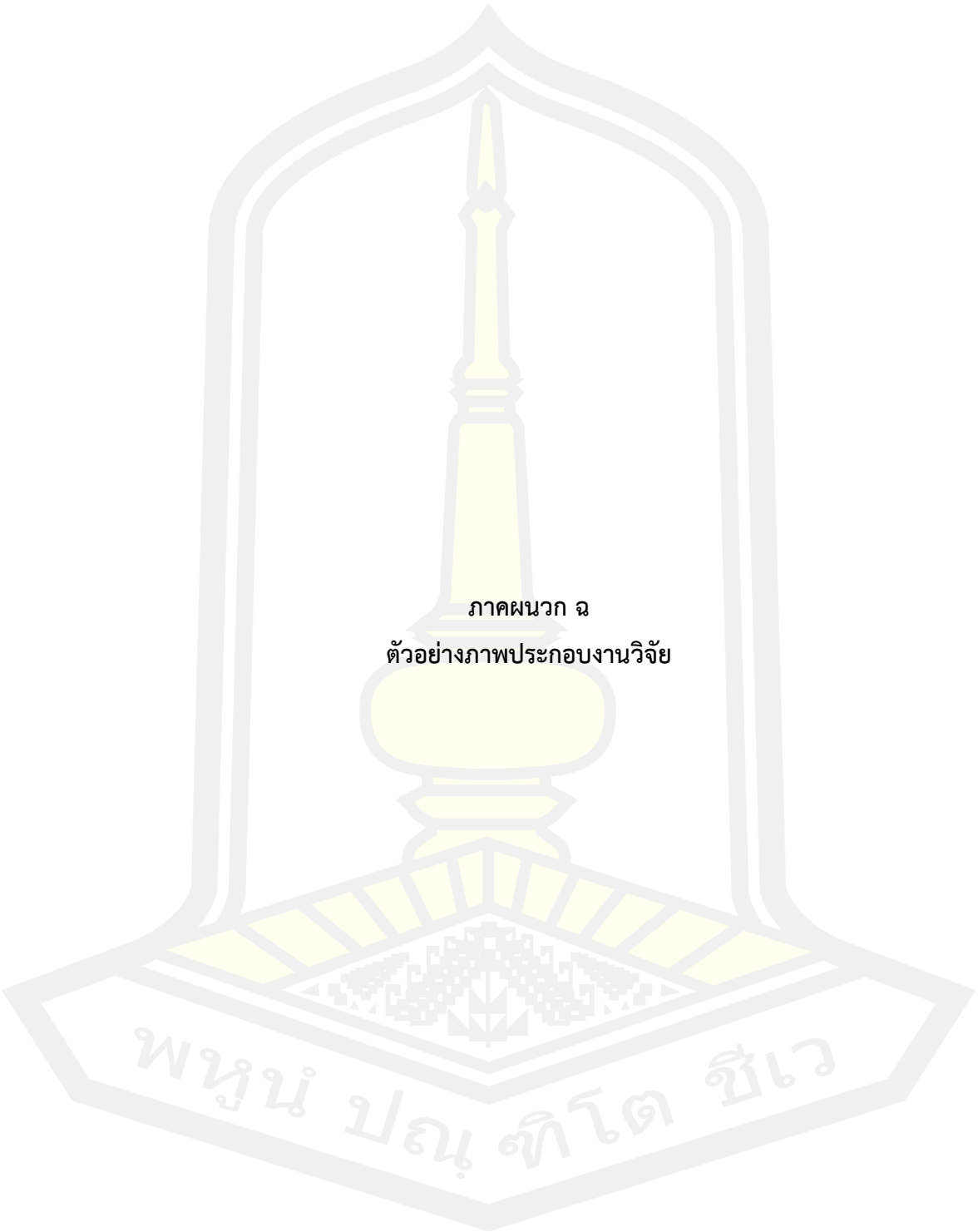
เลขที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	รวม	
23	12	38	40	78	29
24	13	34	36	70	34
25	17	39	40	79	35
26	13	38	41	79	23
27	16	35	36	71	26
28	12	40	38	78	30
29	12	25	28	53	32
30	9	34	36	70	31
31	16	35	38	73	26
32	11	32	35	67	28
33	9	37	42	79	34
34	15	42	39	81	31
35	13	35	38	73	28
36	14	38	40	78	28
37	13	36	42	78	32
38	15	30	35	65	24
39	13	38	37	75	29
40	11	35	39	74	28
41	16	38	41	79	31
42	9	35	38	73	21
รวม	556	1487	1602	3089	1214
$\overline{X}$	13.24	35.40	38.14	73.55	28.90
S.D.	2.84	3.62	3.65	6.79	3.72
ร้อยละ	36.77	78.68	84.76	81.72	80.29

ตาราง 28 คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 1

กลุ่มที่	ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์						รวม
	คิดริเริ่ม		คิดคล่องแคล่ว		คิดยืดหยุ่น		
	คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ	
1	13	ดี	11	ดี	11	ดี	35
2	12	ดี	12	ดี	14	ดี	38
3	13	ดี	11	ดี	12	ดี	36
4	10	ดี	12	ดี	12	ดี	34
5	14	พอใช้	14	ดี	13	ดี	41
6	12	ดี	11	ดี	11	ดี	34

ตาราง 29 คะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ แผนที่ 2

กลุ่มที่	ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์						รวม
	คิดริเริ่ม		คิดคล่องแคล่ว		คิดยืดหยุ่น		
	คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ	
1	14	ดี	14	ดี	13	ดี	41
2	13	ดี	14	ดี	14	ดี	41
3	14	ดี	14	ดี	15	ดี	43
4	13	ดี	14	ดี	13	ดี	40
5	14	ดี	12	ดี	14	ดี	40
6	12	ดี	13	ดี	13	ดี	38



ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างภาพประกอบงานวิจัย

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

ขั้นตอนการระบุปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

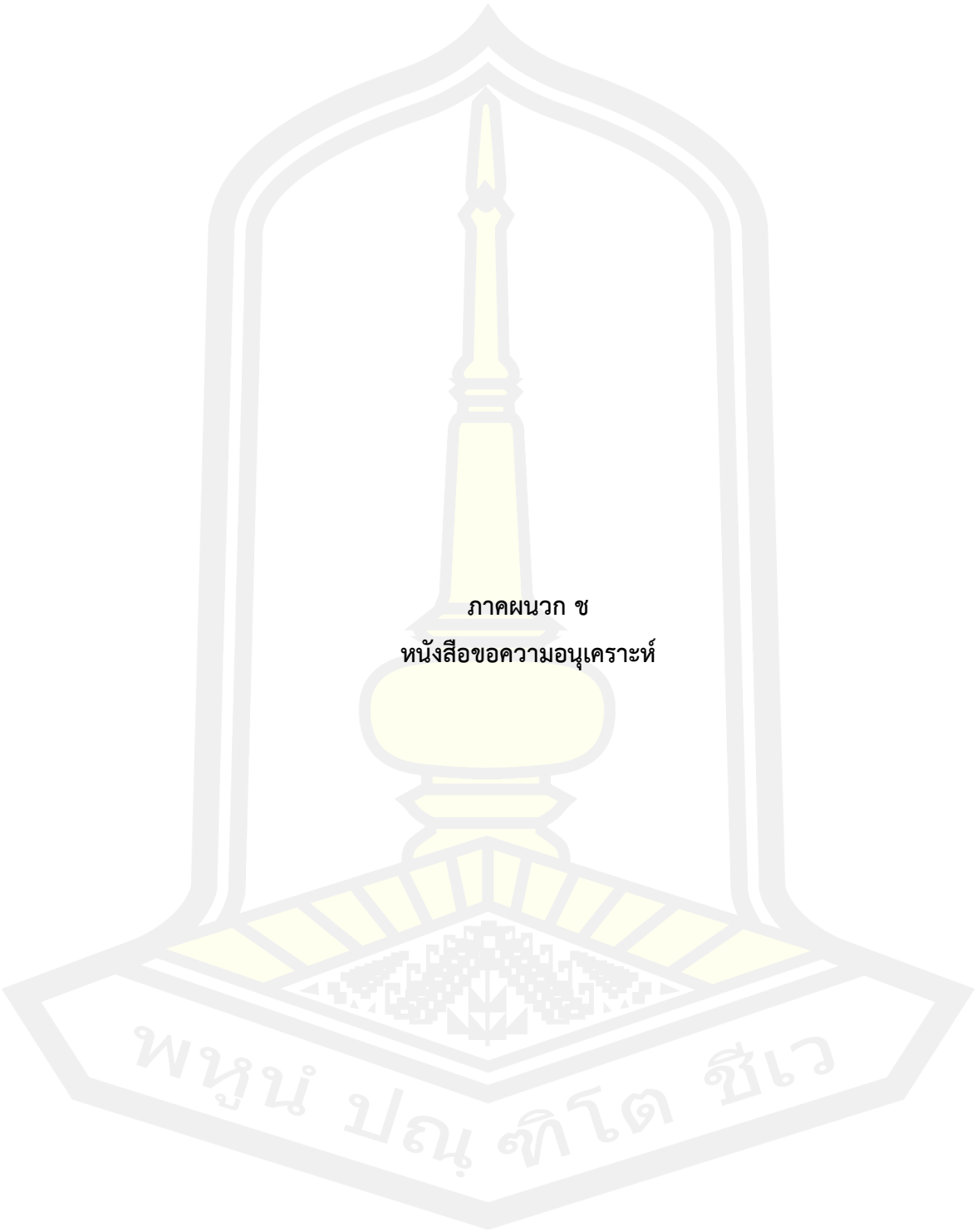
ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยงความรู้ STEAM

การนำเสนอผลการออกแบบชิ้นงานหน้าชั้นเรียน

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการจัดแสดงต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่ได้พัฒนาขึ้น



ภาคผนวก ช
หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ๓๓๑

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตเก็บข้อมูลในการทำวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการอนุญาตให้นิสิตได้เก็บข้อมูลที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ว ๓๓๒

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน ดร.ตวัญจ์ลักษณ์ พวงนิล ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหวาย

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ว ๓๓๒

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายพัฒนพงษ์ จันทร์สว่าง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ว ๓๓๒

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ว ๗๗๒

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางสุภาวดี พันแซง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ที่ อว ๐๖๐๕.๔(๑) / ว ๓๓๒

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายรุ่งระวี ศิริบุญนาม ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนางสาวประภาพร เทียมเพ็ง นิสิตระดับปริญญาโท ระบบนอกเวลาราชการ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา (วท.ม.ชีววิทยาศึกษา) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการเรียนรู้
โทรศัพท์ /โทรสาร ๐๔๓-๗๕๔๒๔๘

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวประภาพร เทียมเพ็ง
วันเกิด	วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 38 หมู่ที่ 22 ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสารคามพิทยาคม ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนผดุงนารี จังหวัดมหาสารคาม
	พ.ศ. 2560 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
	พ.ศ. 2566 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม