การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

A Study of Creative Thinking and Constructing Scientific Model Ability for Twelfth Grade Students Using Model-Based Learning

SITTICHOK EIAMBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2020

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข)

.....กรรมการ

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

.....กรรมการ

(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

61920126: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: ความคิดสร้างสรรค์, ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาตร์, การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ : การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (A Study of Creative Thinking and Constructing Scientific Model Ability for Twelfth Grade Students Using Model-Based Learning) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ภัทรภร ชัยประเสริฐ, วท.ด., ธนาวุฒิ ลาตวงษ์, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2563.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวน 41 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ t-test แบบ Independent Sample และ การทดสอบ t-test แบบ One Sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

61920126: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: CREATIVE THINKING, CONSTRUCTING SCIENTIFIC MODEL ABILITY, MODEL-BASED LEARNING

SITTICHOK EIAMBOON : A STUDY OF CREATIVE THINKING AND CONSTRUCTING SCIENTIFIC MODEL ABILITY FOR TWELFTH GRADE STUDENTS USING MODEL-BASED LEARNING. ADVISORY COMMITTEE: PATTARAPORN CHAIPRASERT, Ph.D., THANAWUTH LATWONG, Ed.D. 2020.

The purposes of this research were to compare creative thinking and constructing scientific model ability after using model-based learning with traditional instruction and to compared creative thinking and constructing scientific model ability after using model-based learning with the 70-percent criterion. The samples were obtained by cluster random sampling of 80 twelfth-grade students studying in the second semester of academic year 2019 at Wat Songtham School. There are 41 students for experimental group and 39 students for control group. The research instrument consisted of model-based learning lesson plans, traditional instruction lesson plans, creative thinking test and constructing scientific model ability test. The data was analyzed using Mean, Standard Deviation, t-test for independent sample and t-test for one sample.

The results indicated that:

1. The creative thinking of twelfth-grade students after learning using model-based learning were significantly higher than the traditional instruction at the .05 level of significant.

2. The creative thinking of twelfth-grade students after learning using model-based learning were statistically significantly higher than the 70-percent criterion at the .05 level of significant.

3. The constructing scientific model ability of twelfth-grade students after learning using model-based learning were significantly higher than the traditional instruction at the .05 level of significant.

4. The constructing scientific model ability of twelfth-grade students after learning using model-based learning were statistically significantly higher than the 70-percent criterion at the .05 level of significant.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน กรรมการสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางและตรวจสอบแก้ไขให้ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมโภชน์ อเนกสุข ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. สมศิริ สิงห์ลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาร่วมสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขจุดบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน ดร.สมศิริ สิงห์ลพ ดร.สรพงษ์ เจริญกฤตยาวุฒิ คุณครูวีณา วันชุ่ม คุณครูชโลทร วรสมุทรปราการ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้ถูกต้องและมีคุณภาพ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อประสาท เอี่ยมบุญ คุณแม่สมปอง เอี่ยมบุญ สมาชิกทุกคนในครอบครัว พี่น้อง เพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวัดทรงธรรม ตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่ให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตา แด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาตราบจนเท่าทุกวันนี้

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

สมมติฐานของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 13

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 27

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 37

ความคิดสร้างสรรค์ 44

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 84

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 115

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....119
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย....119
รูปแบบการวิจัย....120
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....120
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....121
วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล....148
การวิเคราะห์ข้อมูล....149
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....150
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....153
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....153
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล....153
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....155
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....159
สรุปผลการวิจัย....160
อภิปรายผลการวิจัย....160
ข้อเสนอแนะ....171
บรรณานุกรม....173
ภาคผนวก....181
ประวัติย่อของผู้วิจัย....267

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2-1 โครงสร้าง รายวิชา เคมี 5 24

ตารางที่ 2-2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ 26

ตารางที่ 2-3 สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 33

ตารางที่ 2-4 แสดงการเปรียบเทียบทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ 54

ตารางที่ 2-5 เกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) 81

ตารางที่ 2-6 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้วิจัย 82

ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด 97

ตารางที่ 2-8 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง 98

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ 99

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ 100

ตารางที่ 2-11 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ 101

ตารางที่ 2-12 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลอง 103

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2-13 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง 104
ตารางที่ 2-14 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลอง 110
ตารางที่ 2-15 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 112
ตารางที่ 2-16 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย 114
ตารางที่ 3-1 แบบแผนการวิจัยแบบ Non-equivalent control group pretest-posttest design 120
ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 122
ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 130
ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 137
ตารางที่ 3-5 รายการเกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์ 138
ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 142
ตารางที่ 3-7 รายการเกณฑ์การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 144

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 155
ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....156
ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....157
ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....158
ตารางที่ 1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 192
ตารางที่ 2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 193
ตารางที่ 3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 194
ตารางที่ 4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 195
ตารางที่ 5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 196
ตารางที่ 6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 198
ตารางที่ 7 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 199
ตารางที่ 8 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 200
ตารางที่ 9 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 201
ตารางที่ 10 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 202

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์.....204

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง....205

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์.....206

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์.....207

ตารางที่ 15 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....208

ตารางที่ 16 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....210

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ Independent Sample t-test ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....212

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ One Sample t-test ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 213

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ Independent Sample t-test ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....214

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ One Sample t-test ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 215

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย....8

ภาพที่ 2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Buckly et al. 29

ภาพที่ 2-2 โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford....51

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 128

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 135

ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 141

ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความสามารถในการสร้าง
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 147

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเขียนแบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 265

ภาพที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงาน ที่ขึ้นรูปผ่านเครื่อง 3D-Printer....265

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลอง....266

ภาพที่ 4 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 266

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์ทำให้คนพัฒนาวิธีคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้า มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92) โดยเฉพาะในวิชาเคมี Johnstone (2000) กล่าวไว้ว่า เป็นวิชาที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม เนื่องจากเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงยากต่อการทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชา นักวิทยาศาสตร์จึงเป็นผู้สร้างแบบจำลอง (models) ขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เหล่านั้น โดยแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาจะเป็นตัวแทนของความคิดของตนเองเพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับต่าง ๆ ซึ่งจะถูกนำเสนอออกมาได้ในหลายรูปแบบ เช่น วัตถุหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ ลักษณะท่าทางหรือภาษา รวมไปถึงสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น สมการทางคณิตศาสตร์ สูตรเคมีหรือสมการเคมีที่แสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557)

ดังนั้น หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเคมี ในสาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นต้องการให้นักเรียนได้เกิดการนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 10) โดยที่แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนของชาติ ให้เข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ความคิดสร้างสรรค์เป็นอีกหนึ่งทักษะที่ได้กำหนดเป็นเป้าหมายในการจัดการศึกษา ดังที่ปรากฏใน พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ(ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 หมวด 1 มาตรา 7 ซึ่งสรุปได้ว่า “ในกระบวนการเรียนรู้ต้องมุ่งส่งเสริมให้มีความสามารถในการประกอบอาชีพ รู้จักพึ่งตนเอง มีความริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ และเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง” ประกอบกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2560 - 2575 ที่มีเป้าหมายมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, หน้า 15) และความคิดสร้างสรรค์นั้น ควรเป็นสิ่งที่ควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นในผู้เรียน เนื่องจากในปัจจุบันต้องการบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ เพื่อที่จะนำไปเป็นกำลังในการพัฒนาประเทศให้ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ดังนั้นการจัดการศึกษาในปัจจุบันจึงต้องปรับเปลี่ยนให้ตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนาคน โดยมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต (แผนการศึกษาแห่งชาติ, 2560, หน้า 15)

จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2561 พบว่า คะแนนเฉลี่ย O-NET ระดับประเทศเท่ากับ 31.62, 29.37, 30.51 ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ย O-NET ของโรงเรียนวัดทรงธรรม เท่ากับ 31.59, 27.69, 30.23 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2561) ซึ่งจะเห็นได้ว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ประกอบกับการที่ผู้วิจัยได้สอนในรายวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ซึ่งเนื้อหาเคมีอินทรีย์มีเนื้อหาที่มีปริมาณมาก ค่อนข้างซับซ้อน รวมไปถึงมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรม พบว่ามีปัญหาที่สำคัญคือ นักเรียนไม่สามารถบอกข้อแตกต่างของโครงสร้างในสารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ และนักเรียนไม่สามารถตอบคำถามเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้อง เนื่องจากเนื้อหาในการเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์เป็นรูปแบบการเขียนสูตรโครงสร้างหรือภาพสองมิติที่มีมุมมองเพียงด้านเดียว รวมถึงไม่สามารถใช้โครงสร้างของสารอินทรีย์ในการอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ จึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ นักเรียนจึงจำเป็นต้องใช้จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ในการอธิบายโครงสร้างและรูปร่างของโมเลกุล

อีกทั้งจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 35 คน ที่เรียนวิชาเคมี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่า เนื้อหาเคมีอินทรีย์เป็นเนื้อหาที่มีปริมาณมาก และละเอียด เข้าใจยาก ประกอบกับผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยเน้นการบรรยายเป็นส่วนใหญ่ นักเรียนจึงไม่สามารถบอกความแตกต่างของสารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิดได้ถูกต้อง ส่งผลให้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้และอธิบายความรู้ที่นักเรียนเข้าใจจากโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นภาพสองมิติ ให้เป็นโครงสร้างโมเลกุลในรูปแบบสามมิติได้ (นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561, สัมภาษณ์, 22 กรกฎาคม 2562) ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น และส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จนเกิดการพัฒนาให้กลายเป็นทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ได้กำหนดให้ทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิด และสามารถสื่อความหมายออกมาในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ และนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในเรื่องอื่น ๆ ได้

จากการศึกษางานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การนำแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีเพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมี รวมทั้งส่งเสริมให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีมากขึ้น ก็คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) (Gilbert & Justi, 2002) ซึ่งการสอนเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิด และพยายามอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้และการคิดของนักเรียน เริ่มต้นจากการที่นักเรียนมีประสบการณ์เดิม เช่น การรับรู้ การคิด การอ่าน การเห็น การจินตนาการ การเรียนรู้ การได้ยิน การทดลอง และการใช้ประสาทสัมผัส จากนั้นจึงเกิดกระบวนการสร้างแบบจำลองภายใน (Internal modeling) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างองค์ความรู้ (Cognitive construction) โดยองค์ความรู้ที่ได้มาก็คือ แบบจำลองทางความคิด (Mental model) ซึ่งนักเรียนสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดออกมาได้โดยการสร้างแบบจำลองภายนอก (External modeling) ขึ้นมา (สุทธิดา จำรัส, 2555)

จะเห็นได้ว่า การสร้างแบบจำลองเป็นการจัดการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่ให้นักเรียนได้ค้นคว้า สังเกต และหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีเริ่มต้นของการเรียนด้วยวิธีสืบสอบ (Llewellyn, 2002, p. 108) จากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิดและการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ โดย นักวิทยาศาสตร์จะสร้างและใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดง อธิบาย และทำนาย กระบวนการของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ รวมทั้งมีการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เมื่อได้รับหลักฐานชิ้นใหม่ หรือเพื่อเพิ่มความสามารถในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1) การสร้างแบบจำลองเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ 2) แบบจำลองทำให้ความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างและสื่อความเข้าใจ และ 3) การสร้างแบบจำลองช่วยสร้างให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ วิธีการ การใช้เหตุผล และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Acher, Fortus, Shwartz, Hug, & Krajcik, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับปานกลางในทุก ๆ ด้าน วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล สามารถลดแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) ของนักเรียนในทุกประเด็นที่ศึกษา และกิจกรรมการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งความคิดละเอียดลออถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และ นิโลบล หลักหาญ (2561) ได้ศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการนี้สูงกว่าการจัดการเรียนรู้

แบบปกติ ซึ่งจะสามารถพัฒนาไปสู่ทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมไปถึงพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายเนื้อหาวิชาเคมีในส่วนที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และส่งเสริมให้เกิดคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเป็นแนวทางที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่ผู้เรียนต้องได้รับการส่งเสริมในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2560 – 2575 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ จากการที่นักเรียนได้ใช้โมเดลจาก 3D-Printer มาเป็นเครื่องมือในการทำกิจกรรม

2. ได้แบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โมเดลจาก 3D-Printer เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะที่ต้องส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

4. นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง

5. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเนื้อหาเรื่องที่ต้องใช้จินตนาการในการศึกษาสิ่งที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมให้ออกมาในรูปแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมได้

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนรวม 156 คน ซึ่งแต่ละห้องมีการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เพราะแต่ละห้องเรียนมีการคละความสามารถ แบ่งเป็น

1.2.1 กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 41 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.2.2 กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 39 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

2.1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ความคิดสร้างสรรค์

2.2.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ใช้เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว 33222 หน่วยการเรียนรู้ เคมีอินทรีย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ได้แก่

3.1 พันธะของคาร์บอน (3 ชั่วโมง)

3.2 ไอโซเมอริซึม (3 ชั่วโมง)

3.3 หมู่ฟังก์ชัน (3 ชั่วโมง)

3.4 สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (3 ชั่วโมง)

3.5 ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (3 ชั่วโมง)

4. ระยะเวลาในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาทั้งสิ้น 19 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง มีรายละเอียดดังนี้

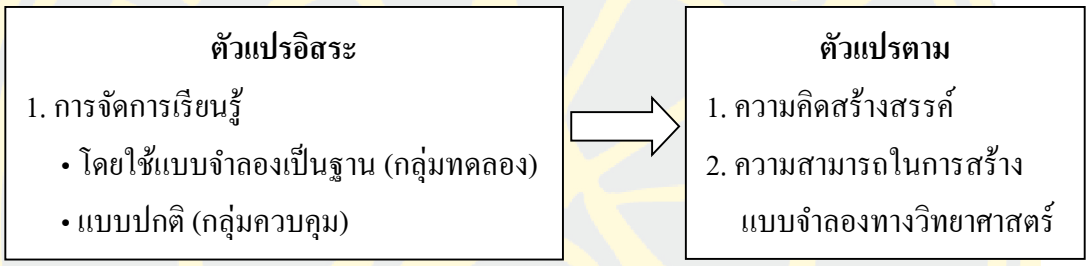
3.1 ทดสอบก่อนเรียน (2 ชั่วโมง)

3.2 การจัดการเรียนรู้ (15 ชั่วโมง)

3.3 ทดสอบหลังเรียน (2 ชั่วโมง)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการที่นำเอาความรู้จากการศึกษา และประสบการณ์เดิม มาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิด เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แนวคิด หลักการ ให้ได้ข้อสรุป แล้วนำแบบจำลองทางความคิดมาทำการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น และขยายแนวคิดแบบจำลองให้กว้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้สังเคราะห์และสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Gobert & Buckley (2002), Buckly et al. (2004), Khan (2007), Rea-Ramirez et al. (2008), Kenyon et al. (2008) และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มอบหมายภาระงาน กำหนดสถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิม มาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิด โดยผ่านการวาดภาพ

1.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากความรู้ที่ตนเองได้ศึกษาให้สอดคล้องกับงาน สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่กำหนดไว้ ในเชิงรูปธรรม เช่น การวาดภาพเสมือนจริง การต่อรูปร่าง พร้อมทั้งอธิบายถึงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้สร้างขึ้นได้ ว่ามีแนวคิดอย่างไร สอดคล้องกับงาน สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่กำหนดไว้อย่างไร

1.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง จากนั้นเพื่อนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และอาจจะมีการเปรียบเทียบกับแบบจำลองของเพื่อน โดยครูมีหน้าที่อธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่เป็นรายละเอียดของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองของนักเรียนนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้สมบูรณ์ขึ้น

1.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองจากการอภิปราย หรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองของเพื่อนในขั้นประเมินแบบจำลอง หรืออาจมีการรวมแบบจำลองของแต่ละคนเข้าด้วยกัน จนเมื่อผ่านการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองแล้ว สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

1.5 ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเอาแบบจำลองที่สมบูรณ์แล้วไปใช้ในการอธิบายข้อมูลต่าง ๆ หรือนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อขยายแนวคิดที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมให้ออกมาในรูปแบบที่เป็นรูปธรรม ในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ให้กว้างขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบค้น สำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้น ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ ซึ่งอาจจะเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายกันภายในกลุ่ม เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงความรู้เดิมที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รูปวาด สร้างตาราง

2.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

2.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่ข้อโต้แย้ง หรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักเรียนใช้เป็นตัวแทนสะท้อนความคิดที่แสดงออกมาให้เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนมากขึ้น เพื่อใช้ในการอธิบายความคิด หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเรื่อง เคมีอินทรีย์ และแสดงออกมาในรูปของ แบบจำลองทางความคิด ภาพวาด 2 มิติ แบบจำลองสามมิติ จาก 3D-Printer

4. ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีกระบวนการคิด การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีการคิดที่แปลกใหม่ไปจากเดิม มีการคิดในหลายแง่มุม โดยที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น ทำให้มีคุณค่าและเกิดประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิมตามแนวคิดของ Torrance (1965) ซึ่งประกอบด้วย 4 ลักษณะ ดังนี้

4.1 ความคิดริเริ่ม เป็นความสามารถในการคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากคนอื่น ไม่ซ้ำคนอื่นหรือไม่เคยมีมาก่อน มีความเป็นต้นแบบและมีคุณค่า

4.2 ความคิดคล่องแคล่ว เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบหรือวิธีการในการแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมากและรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนด

4.3 ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการดัดแปลงคิดหาคำตอบหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลากหลายกลุ่มหรือหลากหลายประเภท

4.4 ความคิดละเอียดลออ เป็นความสามารถในการคิดที่มีการนำเสนอได้อย่างละเอียด ชัดเจน เพื่อให้ได้ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้ที่มีสร้างเป็นแบบจำลองตามความเข้าใจ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจะเป็นตัวแทนของความคิดของตนเองเพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งถูกนำเสนอออกมาได้ในหลายรูปแบบ ประกอบด้วย สูตรและสัญลักษณ์ทางเคมี แบบจำลองทางความคิด ภาพวาดโครงสร้างแบบ 2 มิติ มาสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ และสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

6. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถของบุคคลที่มีกระบวนการคิด การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีการคิดที่แปลกใหม่ไปจากเดิม มีการคิดในหลายแง่มุม โดยที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น โดยวัดลักษณะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ลักษณะ ตามแนวคิดของ Torrance (1974) คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ซึ่งนำมาพัฒนา ปรับปรุงเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สร้างด้วยตนเอง

7. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถในการนำความรู้ที่มี สร้างเป็นแบบจำลองตามความเข้าใจ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจะเป็นตัวแทนของความคิดของนักเรียนเพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งถูกนำเสนอออกมาในรูปของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมติจาก 3D Printer และส่วนที่ 3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สร้างด้วยตนเอง

8. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง ร้อยละของคะแนนที่ได้จากการวัด และประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนวัดทรงธรรมที่ได้กำหนดขึ้น เพื่อใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนที่สามารถทำคะแนนได้มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จะถือได้ว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ตามข้อกำหนดของการวัดประเมินผลทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557, หน้า 22)

9. กลุ่มทดลอง หมายถึง นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

10. กลุ่มควบคุม หมายถึง นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
4. ความคิดสร้างสรรค์
5. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ โดยกำหนดจุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและกรอบทิศทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีโลก โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรม บนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และ อยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

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

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมอง และพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน มาตรฐานการเรียนรู้ระบุสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้ ปฏิบัติได้ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ ที่ต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1 – มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2. ตัวชี้วัดช่วงชั้น เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6)

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ซึ่งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำเป็นต้องเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ จำนวน 67 มาตรฐาน โดยส่วนของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต : สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและเทคโนโลยีชีวภาพ

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม : สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร : สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ : ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 5 พลังงาน : พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียงและวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก : โครงสร้างโลกและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลกและบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ : วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อที่กำหนดคุณภาพของผู้เรียนในด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม เพราะเป็นจุดหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากร ธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้อง และมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เนื้อหาในงานวิจัยคือ รายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 33222 หน่วยการเรียนรู้ เคมีอินทรีย์ ซึ่งจัดอยู่ในรายวิชาเพิ่มเติม ตามหลักสูตรของระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีคำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ และโครงสร้างรายวิชา ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

คำอธิบายรายวิชา

ราชวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 33222 **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 **เวลา 60 ชั่วโมง** **จำนวน 1.5 หน่วยกิต**

ศึกษาความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม ศึกษาทดลองการเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะหรือหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลของสาร ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน การจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ ศึกษาโครงสร้าง การเขียนสูตร การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายในน้ำ ปฏิกิริยาบางชนิด การนำไปใช้ประโยชน์ และอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์ ศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเตรียมเอสเทอร์จากปฏิกิริยาที่เรียกว่าเอสเทอริฟิเคชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

ศึกษาการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและแยกแก๊สธรรมชาติ เลขออกเทน เลขซีเทน อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและการใช้ประโยชน์ของปิโตรเคมีภัณฑ์ ศึกษาประเภทของพอลิเมอร์และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาทดลองสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ และการเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากเส้นใยธรรมชาติ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและปลอดภัย มลพิษที่อาจเกิดขึ้น และแนวทางในการป้องกัน

ศึกษาธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก โครงสร้าง ชนิด หน้าที่ แหล่งที่พบ และประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหาร ศึกษาสมบัติและการทำงานของเอนไซม์ และการเรียกชื่อ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ศึกษาและทดลองการแปลงสภาพโปรตีน สมบัติบางประการและปฏิกิริยาเฉพาะของคาร์โบไฮเดรต การละลายของน้ำมันและไขมันในตัวทำละลายบางชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นเอสเทอร์ด้วยสารละลายเบส ศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุล

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ สารชีวโมเลกุล โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีความสามารถในการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ แก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมากได้
3. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้
10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้
13. อธิบายการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้
14. อธิบายการใช้ประโยชน์จากถ่านหินและหินน้ำมันได้
15. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้

16. อธิบายความหมายของปิโตรเลียม เลขออกเทน เลขซีเทน ปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่อง พอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้

17. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้

18. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้

19. อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้

20. อธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

21. บอกวิธีการนำผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ไปใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

22. อธิบายโครงสร้างของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้

23. บอกสมบัติ และการทดสอบไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตได้

24. บอกประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้เนื้อหาในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 ภายใต้ผลการเรียนรู้ข้อที่ 3-8 ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบทเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ เพื่อประกอบการศึกษาวิจัย

โครงสร้างรายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 33222 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เวลา 60 ชั่วโมง ดังตาราง 2-1

ตารางที่ 2-1 โครงสร้าง รายวิชา เคมี 5

หน่วยที่	สัปดาห์ที่	เวลา (ชั่วโมง)	เนื้อหา/หัวข้อ	กิจกรรมการสอน/ชิ้นงาน
1. เคมีอินทรีย์ 1	1	3	พันธะของคาร์บอน - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	- การบรรยาย อภิปราย กิจกรรมกลุ่ม - การปฏิบัติการทดลอง - เขียนรายงานการทดลอง - ท่องหมู่ฟังก์ชัน - แบบฝึกหัด - ทดสอบย่อย
	2	3	- ไอโซเมอริซึม	
	3	3	หมู่ฟังก์ชัน	
	4	3	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน - สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	
	5	3	- ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	
2. เคมีอินทรีย์ 2	6	3	แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์	- การบรรยาย อภิปราย กิจกรรมกลุ่ม - การปฏิบัติการทดลอง - เขียนรายงานการทดลอง - หาโครงสร้างสารอินทรีย์ และหมู่ฟังก์ชัน พร้อมระบุหมู่ฟังก์ชันอย่างน้อย 4 หมู่ - แบบฝึกหัด - ทดสอบย่อย
	7	3	แอลดีไฮด์ คีโตน	
	8	3	กรดคาร์บอกซิลิก	
	9	3	เอสเทอร์	
	10	3	เอมีน เอไมด์	

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

หน่วยที่	สัปดาห์ที่	เวลา (ชั่วโมง)	เนื้อหา/หัวข้อ	กิจกรรมการสอน/ชิ้นงาน
3. เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	11	3	ถ่านหิน หินน้ำมัน	- การบรรยาย อภิปราย กิจกรรมกลุ่ม - สืบค้นข้อมูลจัดทำรายงาน - การนำเสนอหน้าชั้นเรียน - แบบฝึกหัด - ทดสอบย่อย
	12	3	ปิโตรเลียม	
	13	3	พอลิเมอร์	
	14	3	พลังงานทดแทน พลังงานชีวมวล	
	15	3	ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์	
4. สารชีวโมเลกุล	16-17	6	คาร์โบไฮเดรต	- การบรรยาย อภิปราย กิจกรรมกลุ่ม - การปฏิบัติการทดลอง - เขียนรายงานการทดลอง - แบบฝึกหัด - ทดสอบย่อย
	18	3	กรดนิวคลีอิก	
	19	3	โปรตีน	
	20	3	ลิพิด	
รวม	20	60		

จากการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดทรงธรรม รวมถึงคำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ รายวิชา เคมี 5 ของโรงเรียนวัดทรงธรรม ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะนำเนื้อหาในหน่วยที่ 1 เคมีอินทรีย์ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน ไอโซเมอริซึม หมู่ฟังก์ชัน สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ดังรายละเอียดใน ตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนักคะแนน	เวลา (ชั่วโมง)
เคมีอินทรีย์	1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้	**พันธะของคาร์บอน** - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	20	3
	2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**ไอโซเมอริซึม** - ไอโซเมอร์โครงสร้าง	20	3
	3. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	**หมู่ฟังก์ชัน** - แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ - แอลดีไฮด์ คีโตน - กรดคาร์บอกซิลิก - เอสเทอร์ - เอมีน - เอไมด์	20	3
	4. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 5. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์ กับ ทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน** - แอลเคน - แอลคีน - แอลไคน์ - อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน **ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน** - ไอโซเมอร์เรขาคณิต - การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	20 20	3 3
	รวม		100	15

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการบนพื้นฐานงานวิจัยระหว่าง จิตวิทยาทางสติปัญญา (Cognitive Psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science Education) (Buckley & Bouter, 2000) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้รับอิทธิพลจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยรากฐานที่สำคัญของวิธีการจัดการเรียนรู้นี้ ได้แก่ 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (conceptual change theory) ซึ่งเกิดมาจากทฤษฎีของ Piaget ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน จากการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ของ Kuhn และจากการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางเลือกของผู้เรียน 2) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคมของ Vygotsky 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปมัยและการจินตนาการ (Clement, Rea-Ramirez และ Nunez-Oviedo, 2007) โดยนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

Buckly & Bouter (2000) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการเรียกซ้ำในกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุง และเพิ่มรายละเอียด

Gilbert, Bouter, & Elmer (2000) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น และรู้จักการปรับปรุงแบบจำลองหากไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาได้ และสามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาแบบจำลองความคิด พัฒนาทักษะในการคิด และสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางความคิดจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการรวมตัวกันของความรู้ซึ่งมาจากหลาย ๆ แห่ง เช่น จากประสบการณ์ตรง จากสื่อที่จำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ

Clement, Rea-Ramirez, & Nunez-Oviedo (2007) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด การศึกษาทางด้าน วิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองหลังจากได้ทดลองค้นคว้าจนได้ข้อสรุป หลักการหรือกฎใหม่ ๆ แล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่า แบบจำลองต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการ หรือกฎเหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จะมีการปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดยการจัดการเรียนการสอนพยายามกระตุ้นให้

นักเรียนได้คิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ถ้าอธิบายไม่ได้ก็ลองให้นักเรียนหาหรือสร้างแบบจำลองใหม่มาอธิบาย

จากการศึกษาความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการที่นำเอาความรู้จากการศึกษา และประสบการณ์เดิม มาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิด เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แนวคิดหลักการ ให้ได้ข้อสรุป แล้วนำแบบจำลองทางความคิดมาทำการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น และขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

รูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert & Buckly (2002, p. 892) ได้เสนอขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

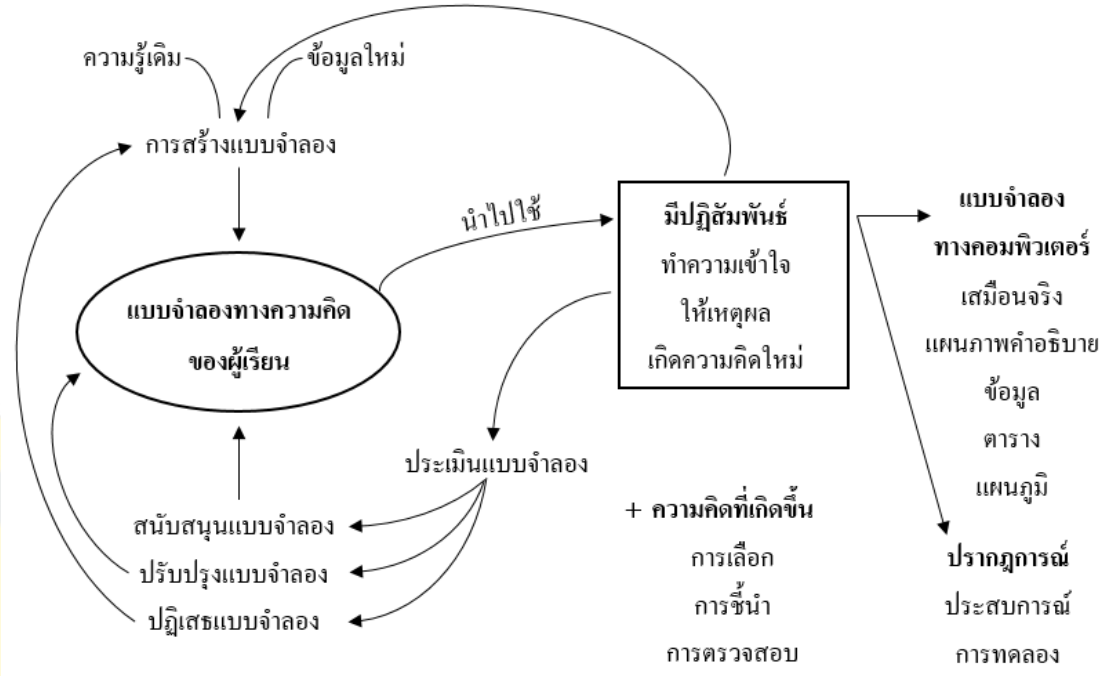
2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยครูทำหน้าที่เพียงสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดเป็นของนักเรียนแต่ละบุคคล

3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ แล้วเขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ หลังจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองที่สร้างไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Buckly, Gobert, Kindfield, Horwitz, Tinker, Gerlits, Wilensky, Dede, & Willett (2004) ได้เสนอกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร ซึ่งแสดงดังภาพ 2-1



ภาพที่ 2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Buckly et al. (2004)

จากภาพที่ 2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้เสนอกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ว่า เมื่อครูมอบหมายภาระงาน นักเรียนจะเริ่มต้นเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับในระหว่างการสร้างแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมจากข้อมูลหลายแหล่ง เช่น ประสบการณ์ตรง ประสบการณ์ที่ได้รับผ่านวีดิทัศน์หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการแสดงการเป็นตัวแทนที่หลากหลาย (Representations) และแบบจำลองที่แสดงออก เป็นต้น ซึ่งความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์เพียงบางส่วน หรือเป็นแบบจำลองที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งยังไม่สอดคล้องหรือไม่ครอบคลุมกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองความคิดนี้ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะใช้เพื่อทำความเข้าใจและประเมินแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้น รวมไปถึงเพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของตัวนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองของตนเองตามภาระงานได้สำเร็จ กล่าวคือ แบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้อง มีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าว และมีการปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้ง เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญจะสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงการเป็นตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์ โดยมีความสอดคล้องและเป็นไปตามภาระงานที่ได้รับ (Buckly et al., 2004, p. 24)

Khan (2007) ได้เสนอรูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการสืบเสาะ (Model-based inquiries) เป็นวิธีการสอนแบบ GEM cycle เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ (Generating) เกี่ยวกับตัวแปรที่นักเรียนต้องการศึกษา โดยครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทำนาย เปรียบเทียบ และอธิบายความสัมพันธ์นั้น เช่น ในเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ครูให้ข้อมูลแก่นักเรียนเกี่ยวกับน้ำหนักโมเลกุลของสารและจุดเดือด แล้วให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักโมเลกุลของสารกับจุดเดือด

2. ประเมินความสัมพันธ์ (Evaluating) เป็นการให้นักเรียนตรวจสอบข้อมูลหรือประเมินความสัมพันธ์ของข้อมูล ว่าอะไรที่ไม่ถูกต้อง โดยครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูล และออกแบบการทดลองใหม่

3. ปรับปรุงความสัมพันธ์ (Modifying) เป็นการปรับปรุงความสัมพันธ์ที่ได้จากการประเมินเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ และสามารถแก้ปัญหาใหม่ได้

Rea-Ramirez, Clement, & Núnez-Oviedo (2008) ได้เสนอขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยวิธีการสอนนี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง ในระหว่างขั้นตอนนี้ ครูจะต้องให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งจากคำถามจะทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความสัมพันธ์

2. การประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้ ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยที่ครูจะต้องใช้ข้อมูลในหลาย ๆ กลุ่มที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลอง

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้ นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติม จนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้ว สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง

4. การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้ นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองแล้ว มาอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ว่าสามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่

Kenyon, Schwarz, & Hug (2008) ได้เสนอขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง นักเรียนจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็น โดยครูจะต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่นักเรียนมีอยู่จริง ๆ

2. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง มีจุดประสงค์สำคัญคือ เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นแรก มีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ ครูจะทำหน้าที่อธิบายและชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจ ว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีหลักฐานและข้อมูลประกอบ ในการตรวจสอบความถูกต้อง

3. ขั้นการประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะย้อนกลับมายังแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรก เพื่อประเมินแบบจำลองหลังจากที่ได้นำไปทดสอบแล้ว โดยครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบจำลอง เช่น ความชัดเจนถูกต้อง ความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยสร้างขึ้นเป็นการวาดภาพ หรือการเขียนบรรยายก็ได้

4. ขั้นการตรวจสอบแบบจำลอง เปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น ๆ นักเรียนจะต้องประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง โดยนักเรียนอาจจะต้องค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น หรือนักเรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์

5. ขั้นการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนจะต้องกลับมาพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรก รวมทั้งประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติมจากขั้นที่ 4 โดยนักเรียนจะเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้น และรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) ของชั้นเรียน ซึ่งในระหว่างขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลอง และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

6. ขั้นการนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายหรืออธิบาย นักเรียนจะนำแบบจำลองซึ่งเป็นมติของกลุ่มไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยครูจะต้องทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) เป็นการสำรวจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษา จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Express model) นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้อื่นรับรู้ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำพูด สัญลักษณ์หรือการเปรียบเทียบ เป็นต้น โดยการอภิปราย การตอบคำถาม หรือการวาดภาพ ซึ่งแบบจำลองที่นักเรียนนำเสนออาจเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นของตนเอง

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate model) นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออกแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ต้องการศึกษา และนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองเพื่อดูว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้หรือไม่ ซึ่งนักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองนั้นอาจถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ หรือถ้าพบว่าสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น ซึ่งในขั้นนี้ครูต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

4. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborate model) หลังจากนักเรียนประเมินแบบจำลองแล้ว นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

จากการศึกษารูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์และสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckley (2002)	Buckly et al. (2004)	Khan (2007)	Rea-Ramirez et al. (2008)	Kenyon et al. (2008)	ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556)	ผู้วิจัย
1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด 2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหา	-	1. นักเรียนสร้างความสัมพันธ์	-	1. การสร้างแบบจำลอง	1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด
3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง	1. นักเรียนสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ 2. ทดสอบแบบจำลอง	-	1. การสร้างแบบจำลอง	2. การทดสอบแบบจำลอง	2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง
4. นำแบบจำลองที่สร้างไปใช้และประเมิน	3. ประเมินแบบจำลอง	2. ประเมินความสัมพันธ์	2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง	3. การประเมินแบบจำลอง 4. การตรวจสอบแบบจำลอง	3. ขั้นประเมินแบบจำลอง	3. ขั้นประเมินแบบจำลอง
	4. ปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองใหม่	3. ปรับปรุงความสัมพันธ์	3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	5. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	-	4. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง
5. ขยายแบบจำลอง	-	-	4. การขยายแบบจำลอง	6. การนำแบบจำลองไปใช้	4. ขั้นขยายแบบจำลอง	5. ขั้นขยายแบบจำลอง

จากตารางที่ 2-3 ผู้วิจัยได้สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มอบหมายภาระงาน กำหนดสถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิม มาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิด โดยผ่านการวาดภาพ

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากความรู้ที่ตนเองได้ศึกษาให้สอดคล้องกับงาน สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่กำหนดไว้ ในเชิงรูปธรรม เช่น การวาดภาพเสมือนจริง การต่อรูปร่าง พร้อมทั้งอธิบายถึงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้สร้างขึ้นได้ ว่ามีแนวคิดอย่างไร สอดคล้องกับงานสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่กำหนดไว้อย่างไร

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง จากนั้นเพื่อนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และอาจจะมีการเปรียบเทียบกับแบบจำลองของเพื่อน โดยครูมีหน้าที่อธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่เป็นรายละเอียดของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองของนักเรียนนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้สมบูรณ์ขึ้น

4. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองจากการอภิปราย หรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองของเพื่อนในขั้นประเมินแบบจำลอง หรืออาจมีการรวมแบบจำลองของแต่ละคนเข้าด้วยกัน จนเมื่อผ่านการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองแล้ว สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

5. ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเอาแบบจำลองที่สมบูรณ์แล้วไปใช้ในการอธิบายข้อมูลต่าง ๆ หรือนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อขยายแนวคิดที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมให้ออกมาในรูปแบบที่เป็นรูปธรรมได้กว้างขึ้น

บทบาทหน้าที่ของครูในจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

พรรณวิไล ชมชิด (2552, หน้า 34) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

1. สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2. แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ (modeling skills) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนอ อภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้น ๆ

3. ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูต้องให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้กล่าวถึงบทบาทหน้าที่ของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดของตนเองออกมาและให้นักเรียนสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพหรือการพูด

2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียน โดยใช้การสัมภาษณ์สั้น ๆ ใช้คำถาม หรือการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิด โดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ของแนวคิดหรือการวาดรูปเพื่อแสดงการเปรียบเทียบหรืออุปมาอุปมัย

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็น และสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป การอธิบายหรือแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู แสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจและมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ รวมถึงใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปราย และโต้วาที เพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติ และความเชื่อของนักเรียน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบทั้งที่ถูกและผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนอธิบาย แบบจำลอง แนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และคำตอบด้วยภาษาของเขาเอง

8. กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของเขาเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง ดังตัวอย่างคำถาม เช่น

- ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร
- จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนจึงใช้แบบจำลองนี้
- แบบจำลองนี้มีประโยชน์ต่อการสอนให้ผู้อื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจเกี่ยวกับ...หรือไม่
- นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรที่ต้องเพิ่มเติมในแบบจำลองนี้ เพื่อทำให้แบบจำลองสามารถช่วยให้คนอื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจมากขึ้น

นอกจากนี้ อาจจะให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้เพิ่มเติม เช่น

- ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมเกี่ยวกับ.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้ หรือไม่มี.....ตอนนี้แบบจำลองของฉันช่วยอธิบายเกี่ยวกับ.....
- แบบจำลองของฉันมีประโยชน์ต่อผู้อื่นเพราะมันมี.....
- ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันตามที่เพื่อนร่วมชั้นได้ให้ข้อเสนอดังต่อไปนี้.....
- ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ.....

จากการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำบทบาทหน้าที่ของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาวิเคราะห์และสรุปในแต่ละขั้นของรูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด บทบาทของครูคือ เริ่มบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและสร้างประเด็นปัญหากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ใช้คำถามในการล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียน

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง บทบาทของครูคือ คอยตั้งคำถามเพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลอง ปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ในระหว่างทำกิจกรรม มีการแสดงความคิดเห็นหรือสาธิตการแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นมุมมองในหลาย ๆ รูปแบบ

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง บทบาทของครูคือ ส่งเสริมให้นักเรียนได้เป็นผู้ถ่ายทอดแนวคิด มีการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านการอภิปราย เพื่อเพิ่มความสนใจ เจตคติ และความเชื่อของนักเรียน

4. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง บทบาทของครูคือ กระตุ้นด้วยคำถามกับนักเรียนว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายผ่านแบบจำลอง พร้อมทั้งถามคำถามต่อไปว่าทำไมถึงคิดเช่นนั้น เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกค้นหาคำตอบ ฝึกแก้ปัญหา และสามารถนำเอาไปปรับใช้ในชีวิตจริงได้

5. ขั้นขยายแบบจำลอง บทบาทของครูคือ มีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของตนเองว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสุดท้ายแล้วมีประโยชน์อย่างไร มีข้อแนะนำอะไรที่ควรจะเพิ่มเติมสำหรับการนำไปใช้ในครั้งต่อไปหรือไม่

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry based learning) มีชื่อเรียกแตกต่างกันแต่มีความหมายในทำนองเดียวกัน เช่น การสืบเสาะ การสืบสอบ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545) การสืบสวนสอบสวน (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2546) การสืบเสาะหาความรู้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 69) กล่าวว่า การสืบสอบ หมายถึง วิธีการที่ครูและนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้แนะนำ ผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบสอบจะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546, หน้า 136) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการฝึกให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นผู้เรียนให้ใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์หรือวิธีการ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบค้น สำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้น

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 147) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ ให้ผู้เรียนฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ สร้างความรู้และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2558, หน้า 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบ หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม ความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบค้น สำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ตามแนวคิดของนักพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study) หรือ BSCS (Bybee et al., 2006 อ้างถึงใน ประสาทเนืองเฉลิม, 2558, หน้า 147) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียน หรือประเด็นที่สนใจ ซึ่งอาจมาจากผู้เรียนนำเสนอหรือผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย การซักถามประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นและเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยการจัดการเรียนรู้ควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับขยายความคิด โดยที่ผู้เรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากผู้สอน มีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้อย่างเพียงพอ ผู้สอนไม่ควรบอกผู้เรียนว่าจะต้องเรียนอะไร และต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจด้วยตนเอง ผู้เรียนต้องมีบทบาทในการสำรวจการเก็บรวบรวมและการบันทึกข้อมูลของตนเอง ผลที่ได้จากการสำรวจจะนำมาสร้างคำอธิบายตามความหมายและความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นนี้มุ่งให้ผู้เรียนวางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ผู้สอนเสนอแนะแนวทางแก่ผู้เรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจ หรือกรอบแนวคิดของตน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่มผู้เรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ โดยเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว ผู้เรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้โดยการขยายความคิดจากตัวอย่าง หรือจากประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษาและสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) กล่าวว่า ขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นน่าสนใจครูอาจให้การศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่อง หรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็ช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่ข้อโต้แย้ง หรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry Cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ได้กล่าวมา ทางโรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบปกติในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบค้น สำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ ซึ่งอาจจะเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายกันภายในกลุ่ม เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงความรู้เดิมที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รูปวาด สร้างตาราง

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่ข้อโต้แย้ง หรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า

ข้อดี

1. ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ รู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เกิดความคงทนในการเรียนรู้และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้

3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. ผู้เรียนเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัด

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ไม่น่าสงสัยหรือแปลกใจ จะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก ผู้เรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนบางคนขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และผู้เรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่ผู้เรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 73) ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า

ข้อดี

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา ผู้เรียนฉลาดยิ่งขึ้น และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. การค้นพบด้วยตัวเองทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้มากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

3. ฝึกให้ผู้เรียนหาวิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นานขึ้น และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

5. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการจัดการเรียนรู้ ทำให้บรรยากาศในการเรียนมีชีวิตชีวา

6. ช่วยให้ผู้เรียนคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

7. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

8. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการใช้เครื่องมือผ่านประสบการณ์ตรง

9. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ข้อจำกัด

1. ใช้เวลามากในการจัดการเรียนรู้ บางครั้งอาจได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามกำหนดไว้

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย จะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอ จะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้

4. เป็นการลงทุนสูง

5. ถ้าผู้เรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงาน ทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้

6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก

7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้ผู้เรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีสอนนี้

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นการให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะมีโอกาสในการฝึกความคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้ ทำให้บรรยากาศในชั้นเรียนดูมีชีวิตชีวามากขึ้น ผู้เรียนจะมีการคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง และการทำงานร่วมกับผู้อื่น สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ แต่การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) นั้นก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องใช้เวลามาก และข้อจำกัดในเรื่องของความพร้อมทางระดับสติปัญญาของผู้เรียนแต่ละคนที่ไม่เท่ากัน ทำให้การกระตุ้นผู้เรียนจะมีบทบาทมากในการจัดการเรียนรู้ หากไม่ได้รับการกระตุ้นที่เพียงพอ จะทำให้เกิดความเบื่อหน่ายและไม่สนใจในการเรียนได้

ความคิดสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นลักษณะความสามารถด้านหนึ่งของมนุษย์ ที่มีคุณภาพมากกว่าความสามารถในด้านอื่น ๆ และเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมให้หน่วยงานและสังคมเจริญก้าวหน้า เป็นผลของความคิดที่เกิดจากพลังสติปัญญาของมนุษย์ที่ควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก ซึ่งความคิดสร้างสรรค์สามารถส่งเสริมให้เจริญงอกงามได้ โดยมีนักวิชาการ และนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่าความคิดสร้างสรรค์ ได้หลายทรรศนะ ดังนี้

Torrance (1962, pp. 85-89) ได้ให้ความหมายว่าของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์หรือผลิตสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่มีใครทำมาก่อน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่สมบูรณ์อย่างแท้จริง อาจออกมาในรูปผลผลิตทางศิลปะ วรรณคดี วิทยาศาสตร์ หรืออาจเป็นเพียงกระบวนการเท่านั้น ซึ่งกระบวนการนั้นเป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งบกพร่องขาดหายไป และรวบรวมความคิดหรือตั้งเป็นสมมติฐาน การทดลองสมมติฐานและเผยแพร่ผลที่ได้พบจากการทดสอบสมมติฐานนั้น

Osborn (1963, p. 14) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) ซึ่งเป็นจินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหายุ่งยากที่มนุษย์กำลังเผชิญอยู่ ซึ่งความคิดจินตนาการเป็นลักษณะที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้น และการผลิตสิ่งแปลกใหม่ แต่ผลผลิตที่สร้างสรรค์ไม่สามารถเกิดขึ้นจากความคิดจินตนาการเพียงอย่างเดียวได้ ดังนั้น ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นความคิดจินตนาการที่ควบคู่ไปกับความอุตสาหะ จึงจะทำให้งานสร้างสรรค์สำเร็จลงได้

Wallach & Kogan (1965) เชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะโยงความสัมพันธ์ กล่าวคือ เมื่อระลึกสิ่งใดก็จะเป็นสะพานให้ระลึกถึงสิ่งอื่นได้ต่อไป โดยสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่ เช่น เมื่อเห็นกระดาษ ก็นึกถึง ปากกา สี พู่กัน สมุด จดหมาย เป็นต้น โดยยิ่งคิดได้มากเท่าไหร่ก็ยิ่งแสดงถึงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์มากเท่านั้น ซึ่งสิ่งที่ระลึกออกมาต่างก็เป็นสิ่งที่สะสมไว้ในสมองของตน เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นก็มีการตอบสนองออกมา ซึ่งบุคคลก็จะมีความคิดสร้างสรรค์มากหรือน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่เขาได้รับ

Guilford (1967, p. 61) ได้สรุปแนวคิดทางด้านความคิดสร้างสรรค์ และให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นลักษณะความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ซึ่งนำไปสู่การคิดประดิษฐ์ สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการคิดค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ ความคิดอเนกนัยประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

Evan & Mccanless (1987, pp. 299-301) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า หมายถึง พฤติกรรมที่เป็นทั้งกระบวนการ และผลผลิต เป็นความคิดที่ซับซ้อน เป็นความสามารถที่จะเห็นความสัมพันธ์ใหม่ ๆ ระหว่างวัตถุหรือเหตุการณ์ การตั้งและทดสอบสมมติฐาน ทักษะในการสื่อความหมาย และให้ความคิดเห็นของตนต่อผู้อื่น การค้นพบปัญหา และการแก้ปัญหาในด้านผลผลิตจะพิจารณาสร้างสรรค์ในรูปของผลผลิตที่แปลกใหม่ มีคุณค่า และเป็นที่ยอมรับของผู้อื่น และได้ให้ข้อตกลงเบื้องต้น เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้ 5 ประการ คือ

1. ความคิดสร้างสรรค์ เป็นรูปการหนึ่งของพฤติกรรมทางสติปัญญา สามารถแสดงออกได้หลายทางที่ระดับต่าง ๆ

2. เด็กทุกคนมีความคิดสร้างสรรค์อยู่ในตนเอง แต่แตกต่างกันในระดับความคิด และโอกาสที่จะแสดงออก

3. ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาขึ้นได้ภายใต้เงื่อนไขบางประการ

4. ควรสนับสนุนทฤษฎีของ Piaget ที่ว่า การพัฒนาความสามารถทางการสร้างสรรค์เป็นเป้าหมายแรกของการศึกษา

5. ความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) เป็นองค์ประกอบใหญ่ของความคิดสร้างสรรค์

Krulik & Rudnick (1993, p. 5) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่เป็นต้นฉบับ สะท้อนสิ่งต่าง ๆ และสร้างผลงานที่ซับซ้อน ซึ่งรวมถึงการสังเคราะห์แนวคิด การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ และการประยุกต์ใช้แนวคิดเหล่านั้น

วนิช สุธารัตน์ (2547, หน้า 164) ได้ให้ความหมายของ ความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นความคิดที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากจินตนาการ โดยมีลักษณะที่แตกต่างไปจากความคิดของบุคคลอื่น ความคิดสร้างสรรค์อาศัยพื้นฐานประสบการณ์เดิม คือ ความรู้ข้อมูลข่าวสาร การศึกษาเหตุผล และการใช้ปัญญาในการจัดสร้างรูปแบบของความคิดรูปแบบใหม่ อาจแสดงออกมาเป็นรูปธรรมอย่างประจักษ์ชัดหรือมีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งจะเป็นพื้นฐานให้มีความคิดเชื่อมโยงจนเกิดความประจักษ์ชัดขึ้น และก่อให้เกิดการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ทำให้เกิดเป็นผลงานทางศิลปะและจิตวิทยาการ

สาขาต่าง ๆ รวมทั้งผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นประโยชน์แก่สังคม ประเทศชาติ และมนุษยชาติ

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 9) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ ถือว่าเป็นกระบวนการทางความคิดที่มีความสำคัญต่อเด็ก ทำให้เด็กสามารถสร้างความคิด สร้างจินตนาการ ไม่จนต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ความคิดสร้างสรรค์คือพลังทางความคิดที่มีมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้นการพัฒนาพลังแห่งการสร้างสรรค์จะทำให้เด็กเป็นคนมีอิสระทางความคิด มีความคิดที่ฉีกกรอบ และสามารถหาหนทางในการที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้เสมอ ดังนั้น การสอนคิดสร้างสรรค์และการฝึกฝนให้เด็กสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์ จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นคุณภาพในตัวของเด็กให้มั่นใจในตนเองและเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545, หน้า 4-5) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ คือ เป็นการสร้างสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม สิ่งที่คิดสร้างสรรค์ออกมานั้น ต้องเป็นการคิดที่แหวกวงล้อมความคิดที่มีอยู่เดิมหรือเรียกว่าเป็นความคิดต้นแบบ (Original)

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551, หน้า 177) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการจินตนาการและรวบรวมความรู้ความคิดเดิมอย่างหลากหลายและรวดเร็ว แล้วสร้างเป็นความรู้ ความคิดใหม่ของตนเอง สามารถคิดนอกกรอบได้ มีผลงานการคิด สามารถวิเคราะห์และสร้างสรรค์ผลงานหรือสิ่งใหม่ ๆ ได้ เช่น งานเขียน งานศิลปะ งานสร้างสรรค์ และผลงานอื่น ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ว่า เป็นความสามารถของมนุษย์ที่คิดได้กว้างไกล หลายแง่มุม หลายทิศทาง นำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งของ และแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่

จากความหมายและแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีกระบวนการคิด การแก้ปัญหาในหลากหลายทิศทาง มีการคิดที่แปลกใหม่ไปจากเดิม มีการคิดในหลายแง่มุม โดยใช้จินตนาการควบคู่ไปกับความคิดเดิมและความคิดใหม่ ซึ่งความคิดนั้นสามารถทำให้เกิดประโยชน์ มีคุณค่า แตกต่างไปจากเดิม หรือเกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้นกว่าเดิม

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Plitz & Sund (1970, p. 4) ให้ความหมายของ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย ผลผลิตจึงเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าใครมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ การที่จะตัดสินว่าสิ่งใดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีสิ่งต้องคำนึงถึงพร้อมกัน 2 ประการ คือ

1. ความคิดริเริ่มหรือความใหม่

2. ลีลาความงดงาม

Moravesik (1981, pp. 222-223) กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึงการคิดค้นหาความรู้ใหม่ ๆ อันเป็นการตอบสนองต่อความมุ่งหมาย 3 ประการของวิทยาศาสตร์ คือ

1. เพื่อเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี

2. เพื่อสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ซึ่งพยายามที่จะรู้และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวได้

3. เพื่อก่อผลกระทบต่อทัศนะของคนที่มีโลกและหน้าที่ (ของปัจเจกชน) ที่มีต่อสังคมและโลก

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541, หน้า 131) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่พบโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล ที่แสดงออกได้หลายมิติ แต่โดยทั่วไปมักวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

อารีย์ พันธ์มณี (2545, หน้า 6-8) ได้ระบุความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ แบ่งออกเป็นขั้น ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาข้อเท็จจริง ขั้นนี้เป็นขั้นค้นหาว่าข้อมูลใดบ้างที่จะเป็นสาเหตุของความรู้สึกที่สับสนวุ่นวายในสถานการณ์นั้น

ขั้นที่ 2 การค้นหาปัญหาเมื่อได้ข้อมูลที่เป็นสาเหตุแห่งความวุ่นวายขั้นที่ 1 แล้วก็ประมวลข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของปัญหาที่ชัดเจน

ขั้นที่ 3 การค้นหาแนวความคิด เมื่อได้ปัญหาที่ชัดเจนแล้ว ก็ต้องพยายามหาทางแก้ปัญหาในรูปของการใช้ความคิดหลายแง่มุม แล้วประมวลแนวคิดที่เห็นว่าเหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 การค้นหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา จากแนวความคิดต่าง ๆ ที่ประมวลว่าเหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหานั้นก็ดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวความคิดนั้นจนถึงขั้นที่ได้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าว

ขั้นที่ 5 การค้นหาความยอมรับ ขั้นนี้จะเป็นการนำวิธีแก้ปัญหาที่ค้นพบจากขั้นที่ 4 ไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อการยอมรับในวิธีการแก้ปัญหาที่ค้นพบและอาจก่อให้เกิดการคิดแก้ปัญหาที่ท้าทายสืบเนื่องต่อ ๆ ไป

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการคิดการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีการคิดที่แปลกใหม่ไปจากเดิม มีการคิดในหลายแง่มุม ไม่ซ้ำกับผู้อื่น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณค่าและเกิดประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

นักการศึกษาและนักวิชาการ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

Tayler (1964, pp. 241-245) ได้ให้ข้อคิดของทฤษฎีว่า ผลงานของความคิดสร้างสรรค์ของคนนั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นขั้นสูงสุดเสมอไป คือ ไม่จำเป็นต้องคิด ค้นคว้า ประดิษฐ์ของแปลกใหม่ที่ยังไม่มีใครคิดมาก่อนเลย หรือสร้างทฤษฎีที่ต้องใช้การคิดค้นด้านนามธรรมอย่างสูงยิ่ง แต่ความคิดสร้างสรรค์ของคนนั้นอาจจะเป็นขั้นใดขั้นหนึ่งใน 6 ขั้น ต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เป็นความคิดสร้างสรรค์ขั้นต้นสุด เป็นสิ่งธรรมดาสามัญ เป็นพฤติกรรมหรือการแสดงออกของตนอย่างอิสระ ซึ่งพฤติกรรมนั้นไม่จำเป็นต้องอาศัยความคิดริเริ่ม และทักษะแต่อย่างใด คือเป็นแต่เพียงให้กล้าแสดงออกอย่างอิสระเท่านั้น

ขั้นที่ 2 เป็นงานที่ผลิตออกมาโดยที่ผลงานนั้นจำเป็นต้องอาศัยทักษะบางประการแต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างสรรค์ เป็นขั้นที่แสดงถึงความคิดใหม่ของบุคคล ไม่ได้ลอกเลียนแบบมาจากใคร แม้ว่างานนั้นจะมีคนอื่นคิดไว้แล้วก็ตาม

ขั้นที่ 4 เป็นขั้นความคิดสร้างสรรค์ ขั้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ โดยไม่ซ้ำแบบใคร เป็นขั้นที่ผู้กระทำได้แสดงให้เห็นความสามารถที่แตกต่างไปจากผู้อื่น

ขั้นที่ 5 เป็นขั้นการพัฒนา ปรับปรุงผลงานในขั้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นที่ 6 เป็นขั้นความคิดสร้างสรรค์สุดยอด สามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมขั้นสูงสุดได้ เช่น ชาร์ล ดาร์วิน คิดตั้งทฤษฎีวิวัฒนาการ เป็นต้น

ทฤษฎีความคิดสองลักษณะ ทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองมนุษย์โดยตรง เพราะความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการทำงานของสมองซีกขวา ซึ่งทำหน้าที่คิดจินตนาการ คิดแปลก ๆ ใหม่ ๆ ความซาบซึ้งในดนตรี ศิลปะ วรรณคดี เป็นต้น ส่วนสมองซีกซ้ายเป็นส่วนที่คิดและทำงานออกมาเป็นรูปธรรม เช่น การวิเคราะห์ การหาเหตุผล กฎเกณฑ์ เป็นต้น

สมองซีกซ้าย	**สมองซีกขวา**
- สรรหาถ้อยคำ	- ไม่มีถ้อยคำ
- วิเคราะห์	- สังเคราะห์
- ใช้เหตุผล	- หยั่งรู้เอง
- เชิงตรรกวิทยา	- ความคิดเชิงสร้างสรรค์
- ความแบ่งแยก	- ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน
- มีกาลเวลา	- ไม่มีกาลเวลา
- โน้มเอียงเข้าหากฎเกณฑ์ทาง คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์	- โน้มเอียงเข้าหากฎเกณฑ์ของ ดนตรีและศิลปะ

Guilford (1971) ได้อธิบายทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาไว้ในลักษณะ 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 เนื้อหา (Content) หมายถึง มิติแทนเนื้อหาข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในการคิด สมองจะรับสิ่งเหล่านี้เข้าไป แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. เนื้อหาประเภทรูปภาพ (Figural : F) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม หรือรูปที่แน่นอน ซึ่งบุคคลสามารถรับรู้และทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิดได้ เช่น ภาพ แสง เสียง เป็นต้น

2. เนื้อหาประเภทเสียง (Auditory : A) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปของเสียงที่มีความหมาย

3. เนื้อหาประเภทสัญลักษณ์ (Symantic : S) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าหรือข้อมูลที่อยู่ในรูปเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข โน้ตดนตรี และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ด้วย

4. เนื้อหาประเภทภาษา (Semantic : M) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปของถ้อยคำที่มีความหมายต่าง ๆ กัน เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความคิดทางภาษาและสามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้ เช่น คำว่า พ่อ แม่ เพื่อน ชอบ โกรธ เสียใจ เป็นต้น

5. เนื้อหาประเภทพฤติกรรม (Behavior : B) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นการแสดงออกอาการ กิริยา และการกระทำที่สามารถสังเกตเห็น รวมทั้งทัศนคติ การรับรู้ การคิด เช่น การยิ้ม หรือการแสดงความคิดเห็น การสั่นศีรษะ เป็นต้น

มิติที่ 2 วิธีการคิด (Operation) หมายถึง มิติที่แสดงลักษณะกระบวนการปฏิบัติงานหรือกระบวนการคิดของสมอง แบ่งออกตามลำดับ 5 ลักษณะ คือ

1. การรู้การเข้าใจ (Cognition : C) หมายถึง ความสามารถในการตีความของสมองเมื่อเห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้เข้าใจในสิ่งนั้น และบอกได้ว่าเป็นอะไร สามารถบอกได้ทั้งในสิ่งที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน และสิ่งที่เคยมีประสบการณ์มาก่อน เช่น เมื่อเห็นของเล่นเด็กรูปร่างกลมทำด้วยยางผิวเรียบ ก็บอกได้ว่าเป็นลูกบอล

2. การจำ (Memory : M) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่าง ๆ ไว้ได้และสามารถระลึกได้เมื่อต้องการ เช่น การจำสูตรคูณ การจำหน่วยเลขประจำตัว การชี้ตัวคนร้าย เป็นต้น

3. การคิดแบบอเนกนัย หรือความคิดกระจาย (Divergent Thinking : D) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายรูปแบบ หลายแง่มุมแตกต่างกันไป เช่น “หนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วทำประโยชน์อะไรได้บ้าง” ให้บอกมาให้มากที่สุด ผู้ที่คิดได้มาก แปลกมีคุณค่า

4. การคิดแบบเอกนัย หรือความคิดรวบ (Convergent Thinking : C) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุดจากข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่กำหนด และคำตอบที่ถูกต้องก็มีเพียงคำตอบเดียว

5. การประเมินค่า (Evaluation : E) หมายถึง ความสามารถในการตีราคาลงข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Product) หมายถึง มิติที่แสดงผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมองหรือกระบวนการคิดของสมอง หลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้าจากมิติที่ 1 และตอบสนองต่อข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่ได้รับมิติที่ 2 แล้วผลที่ได้ออกมาเป็นมิติที่ 3 ซึ่งผลของการคิดแบ่งออกเป็น 6 ลักษณะ คือ

1. หน่วย (Unit : U) หมายถึง สิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ เช่น คน แมว สุนัข กระดานดำ บ้าน เป็นต้น

2. จำพวก (Class : C) หมายถึง ประเภท หรือจำพวก หรือกลุ่มของหน่วยที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะร่วมกัน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ คน สุนัข ช้าง เป็นต้น

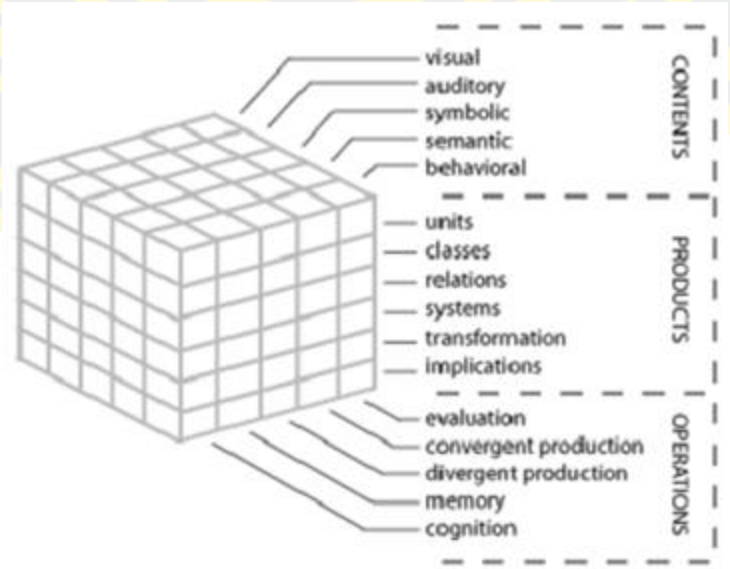
3. ความสัมพันธ์ (Relation : R) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดของประเภท หรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ ความสัมพันธ์อาจอยู่ในรูปของหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก หรือระบบกับระบบก็ได้ เช่น คนคู่กับบ้าน นกคู่กับรังนก ปลาคู่กับน้ำ เป็นต้น เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับที่อยู่อาศัย

4. ระบบ (System : S) หมายถึง การเชื่อมโยงกลุ่มของสิ่งเร้าโดยอาศัยกฎเกณฑ์หรือระเบียบแบบแผนบางอย่าง เช่น 1, 3, 5, 7, 9 เป็นระบบเลขคี่ เป็นต้น

5. การแปลงรูป (Transformation : T) หมายถึง การเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง ดัดแปลง ตีความ ขยายความ ให้นิยามใหม่หรือการจัดองค์ประกอบของสิ่งเร้าหรือข้อมูลออกมาในรูปแบบใหม่ หรือเพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น เช่น เอาดอกฝ้ายมาจากต้นฝ้าย เอาดอกฝ้ายมาทำเป็นเส้นฝ้าย แล้วเอาไปทอเป็นผืน เป็นต้น

6. การประยุกต์ (Implication : I) หมายถึง การคาดคะเนด้วยเหตุและผล คาดหวัง หรือความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ขยายความเพื่อการพยากรณ์ หรือทำนายจากข้อมูลสิ่งที่กำหนดไว้จากข้อมูลที่กำหนดไว้ นำมาปรับปรุงให้เป็นประโยชน์และให้เกิดความแตกต่างไปจากเดิม

เมื่อรวมทั้ง 3 มิติ ประกอบกัน ทำให้ได้โครงสร้างทางสติปัญญา ประกอบด้วย 180 แบบ ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford

Davis (1983, pp. 10-20) ได้รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักจิตวิทยาที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงจิตวิเคราะห์ นักจิตวิทยาทางจิตวิเคราะห์หลายคน เช่น ฟรอยด์ (Freud) และครีส (Kris) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการเกิดของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นผลมาจากความขัดแย้งภายในจิตใต้สำนึกระหว่างแรงขับทางเพศ (Libibo) กับความรู้สึกผิดชอบทางสังคม (Social Conscience) ส่วนคูบี้และรักก์ (Kubie and Rugg) ซึ่งเป็นนักจิตวิเคราะห์แนวใหม่กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นเกิดขึ้นระหว่างการรู้สติกับจิตใต้สำนึกซึ่งอยู่ในขอบเขตของจิตส่วนที่เรียกว่าจิตก่อนสำนึก

2. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงพฤติกรรมนิยมนักจิตวิทยากลุ่มนี้มีแนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยเน้นที่ความสำคัญของการเสริมแรงการตอบสนองที่ถูกต้องกับสิ่งเร้าเฉพาะหรือสถานการณ์ นอกจากนี้ยังได้เน้นความสัมพันธ์ทางปัญญา คือการโยงความสัมพันธ์จากสิ่งเร้าหนึ่งไปยังสิ่งต่าง ๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่หรือสิ่งใหม่เกิดขึ้น

3. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงมานุษยนิยม นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้มีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มนุษย์มีติดตัวมาแต่กำเนิด ผู้ที่สามารถนำความคิดสร้างสรรค์ออกมาใช้ได้ดีผู้มีสัจจการแห่งตน คือรู้จักตนเองพอใจตนเองและใช้ตนเองเต็มตามศักยภาพของตน มนุษย์จะสามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ของตนออกมาได้อย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับการสร้างสภาวะหรือบรรยากาศที่เอื้ออำนวย ได้กล่าวถึงบรรยากาศที่สำคัญในการสร้างสรรค์ว่าประกอบด้วยความปลอดภัยในเชิงจิตวิทยา ความมั่นคงของจิตใจ ความปรารถนาที่จะเล่นกับความคิด และการเปิดกว้างที่จะรับประสบการณ์ใหม่

4. ทฤษฎีเอยูต้า (AUTA) ทฤษฎีสุดท้ายนี้เป็นรูปแบบของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวบุคคล โดยมีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นมีอยู่ในมนุษย์ทุกคนและสามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามรูปแบบเอยูต้า (AUTA) ประกอบด้วย

4.1 การตระหนัก (Awareness) คือ ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อตนเอง สังคม ทั้งในปัจจุบันและอนาคต และตระหนักถึงความคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในตนเองด้วย

4.2 ความเข้าใจ (Understanding) คือ มีความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

4.3 เทคนิควิธี (Techniques) คือ การรู้เทคนิควิธีในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้งที่เป็นเทคนิคส่วนบุคคลและเทคนิคที่เป็นมาตรฐาน

4.4 การตระหนักในความจริงของสิ่งต่าง ๆ (Actualization) คือ การรู้จักหรือตระหนักในตนเอง พอใจในตนเอง และพยายามใช้ตนเองอย่างเต็มศักยภาพรวมทั้งการเปิดกว้างรับประสบการณ์ต่าง ๆ โดยมีการปรับตัวได้อย่างเหมาะสม การตระหนักถึงเพื่อนมนุษย์ด้วยกัน การผลิตผลงานด้วยตนเองและการมีความคิดที่ยืดหยุ่นเข้ากับทุกรูปแบบของชีวิต

จากแนวคิดของนักจิตวิทยาทั้ง 4 กลุ่ม อัมพร บุญเสริมสุข (2547, หน้า 33) สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ด้วยกระบวนการคิด และฝึกอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยอาศัยการเรียนรู้ที่มีสิ่งเร้าและแรงเสริม รวมถึงการจัดบรรยากาศที่ทำให้เกิดความรู้สึกปลอดภัย และมีเสรีภาพในการกระทำ

Torrance (1962) ได้ให้นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องขาดหายไป รวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐานขึ้นแล้วจึงทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อมดสอบสมมติฐานนั้น

Wallach & Kogan (1965) ได้ศึกษาค้นคว้า และวิจัยเกี่ยวกับเรื่องความคิดสร้างสรรค์ และได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งหนึ่งไปยังสิ่งอื่น ๆ ได้

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2533, หน้า 37-41) ได้สรุปเป็นตารางให้เห็นภาพของทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์แต่ละทฤษฎี ในด้านนิยามความคิดสร้างสรรค์ การวัดความคิดสร้างสรรค์ กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ และการนำเอาทฤษฎีแต่ละทฤษฎีไปใช้ ดังนี้

ตารางที่ 2-4 แสดงการเปรียบเทียบทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ (พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์, 2533, หน้า 37-41)

ประเด็น	ทฤษฎีของ Guilford	ทฤษฎีของ Torrance	ทฤษฎีของ Osborn	ทฤษฎีของ Wallach & Kogan	ทฤษฎีของ De bono
1. นิยาม	ความสามารถทางสมองที่จะคิดได้หลายทิศทาง เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ	ความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่ขาดหายไป แล้วรวบรวมความคิดเป็นสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน แล้วเผยแพร่ผลผลิตที่ได้	การคิดจินตนาการประยุกต์เป็นจินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่ต้องการ ไม่ใช่จินตนาการที่ฟุ้งซ่านเลื่อนลอย	ความสามารถที่จะเชื่อมโยง (Association) สิ่งหนึ่งสิ่งใดกล่าวคือเมื่อระลึกถึงสิ่งใดได้ ก็จะกลายให้เป็นสะพานให้ระลึกถึงสิ่งอื่นในลักษณะที่สัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่	ความสามารถในการคิดนอกกรอบเพื่อสร้างแนวคิดที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้หลายแนวทางอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ประเด็น	ทฤษฎีของ Guilford	ทฤษฎีของ Torrance	ทฤษฎีของ Osborn	ทฤษฎีของ Wallach & Kogan	ทฤษฎีของ De bono
2. การวัด	วัดความคิดอเนกนัย โดยมุ่งวัดตัวประกอบแต่ละเซลล์ ตามด้วยทฤษฎีโครงสร้างทางสมอง	วัดที่กระบวนการคิด โดยวัดว่าผู้ตอบวัดอะไรบ้างจากคำถามที่กำหนดให้แล้วรายงานคำตอบที่ได้จากการคิดมาให้มากที่สุด แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานที่ Torrance และคณะสร้างขึ้น	ไม่มีการสร้างแบบวัด	วัดกระบวนการคิดคล้าย Torrance แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ Wallach & Kogan สร้างขึ้น	การวัดไม่มีการสร้างแบบทดสอบมาตรฐาน แต่ตามทฤษฎีเห็นว่าควรวัดจากผลงานที่ออกมาว่าสามารถใช้แก้ปัญหาในเรื่องที่ต้องการได้หรือไม่

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ประเด็น	ทฤษฎีของ Guilford	ทฤษฎีของ Torrance	ทฤษฎีของ Osborn	ทฤษฎีของ Wallach & Kogan	ทฤษฎีของ De bono
3. กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์	ไม่ได้อธิบายไว้ แต่เสนอลักษณะความสามารถที่จำเป็นต่อความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ 1. ความสามารถที่จะยอมรับปัญหา 2. ความสามารถที่จะยอมรับความคิด 3. ความสามารถที่จะจัดระบบความคิด 4. ความสามารถที่จะประเมินความคิด	มี 5 ขั้นตอน คือ 1. เริ่มมีความรู้สึกกังวล สับสนขึ้นในใจ 2. การที่ได้ค้นพบประเด็นปัญหาที่ต้องการคำตอบหรือแก้ไข 3. การค้นพบคำตอบโดยตั้งสมมติฐานและรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน 4. การค้นพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐาน 5. การยอมรับการค้นพบและเผยแพร่ เพื่อเป็นแนวทางไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ต่อไป	มี 5 ขั้นตอน คือ 1. ปัญหาสามารถชี้ระบุประเด็นที่ต้องการจะใช้ความคิดสร้างสรรค์ 2. การเตรียมและรวบรวมข้อมูล 3. การวิเคราะห์ 4. การจินตนาการ 5. การสร้างจินตนาการและแสดงผลให้เห็นชัดเจน	มี 5 ขั้นตอน คือ 1. การเตรียมรวบรวมข้อมูล 2. ความคิดฟักตัวสับสนแก้ปัญหาไม่ได้ 3. คิดกระจ่างชัด รวบรวมข้อมูลเชื่อมโยงสิ่งที่สัมพันธ์กันจนเกิดภาพพจน์ 4. ทดสอบและพิสูจน์ให้เห็นจริง 5. นำผลที่ได้ไปใช้	มี 2 กระบวนการ คือ 1. การคิดนอกกรอบเพื่อที่ให้ออกมาจากกรอบที่ครอบงำอยู่เพื่อสร้างแนวคิดหลาย ๆ แนวคิด 2. การคิดในกรอบ เป็นการคิดแบบมีเหตุผล เพื่อทดสอบแนวคิดให้สามารถใช้แก้ปัญหาตามที่ต้องการ

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ประเด็น	ทฤษฎีของ Guilford	ทฤษฎีของ Torrance	ทฤษฎีของ Osborn	ทฤษฎีของ Wallach & Kogan	ทฤษฎีของ De bono
4. งานวิจัยและการนำเอาทฤษฎีไปใช้	มีงานวิจัยค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์	มีงานวิจัยมากส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์ใช้ในการสอน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการสร้างแบบทดสอบ	มีงานวิจัยค่อนข้างน้อย มีการนำเอาเทคนิคนี้ไปใช้ในการประชุมค่อนข้างมาก	มีงานวิจัยค่อนข้างน้อย	มีงานวิจัยค่อนข้างน้อย มีการนำเอาทฤษฎีการคิดนอกกรอบไปใช้ในลักษณะการฝึกอบรมทางด้านการบริหารและด้านธุรกิจมาก

จากตารางที่ 2-4 พบว่า ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละทฤษฎี มีความแตกต่างกันในประเด็นของ นิยาม การวัด กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ งานวิจัยและการนำเอาทฤษฎีไปใช้ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญเพราะเป็นวิธีการคิดที่จะช่วยให้บุคคลมีความสามารถในการคิด เข้าใจ และสามารถแก้ไขปัญหา และคาดการณ์ล่วงหน้าถึงปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นทำให้บุคคลสามารถแก้ปัญหาได้ดี ด้วยวิธีการที่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งมีผู้กล่าวถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

Singer & Singer (1990 อ้างถึงใน วศินี อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2545) ได้กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ไม่ใช่เพียงแค่เป็นสิ่งที่ช่วยสะท้อนอารมณ์เท่านั้น แต่ยังช่วยสนับสนุนให้เกิดสุขภาพจิตที่ดี

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 26-27) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาในวิถีทางที่ไม่เคยปฏิบัติมาก่อน สถานการณ์โลกในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในทุกด้าน หากยังใช้ความคิดแบบเดิม ๆ อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องคิดสร้างสรรค์ คิดใหม่ ขยายขอบเขตความคิดให้ทะลุทะลวงออกไปจากของเดิมให้ได้จึงจะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างลงตัว และความคิดสร้างสรรค์ยังก่อให้เกิดนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่อย่างไม่หยุดยั้ง สภาวการณ์ในการแข่งขันเสรีทางการค้านั้น ผู้ผลิตสินค้ามีความจำเป็นจะต้องพยายามคิดสินค้าใหม่ที่ดีกว่าคู่แข่งทั้งในเรื่องของความแปลกใหม่ คุณภาพ ราคา ประโยชน์ใช้สอย เพื่อที่จะรักษาส่วนแบ่งของตลาดและอันดับในการแข่งขันไว้ได้ ดังนั้น จึงก่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ขึ้นตลอดเวลา ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้ค้นพบหรือได้สิ่งที่ดีกว่าเดิม ปัจจุบันบุคคลในทุกอาชีพ ทุกองค์กรมีความจำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อขยายปรับสภาพหรือพัฒนาวิชาชีพอย่างไม่หยุดยั้งเพื่อก้าวสู่อนาคต ทันโลก ทันเหตุการณ์ ในการพัฒนาวิชาชีพหรือพัฒนาองค์กร จึงมีความจำเป็นจะต้องพึ่งคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ทำให้พบสิ่งใหม่ที่ดีกว่าเดิม บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จะอดทน อดกลั้น กล้าเผชิญ และยอมรับต่อสภาวการณ์ที่เป็นจริง รวมทั้งจินตนาการที่ควบคู่กับความอุตสาหะจะสามารถสร้างสรรค์ตนและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม พึงพอใจชีวิตที่เป็นสุข

อารี พันธ์มณี (2547, หน้า 47) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์จัดเป็นคุณสมบัติที่มีคุณภาพมากกว่า ความสามารถด้านอื่น ๆ ของมนุษย์ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จะสามารถสร้างสรรค์ตนเองและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม พึงพอใจและมีชีวิตที่เป็นสุขได้ ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้บุคคลใช้ความสามารถของตนเองในการพัฒนาให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่และส่งเสริมความมีภาวะสุขภาพจิตดี มีสติสัมปชัญญะ สามารถใช้ปัญญาเพื่อพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในทางที่ถูกที่ควรได้อย่างเต็มที่ทั้งต่อตนเองและสังคม

จากแนวความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสรุปเป็นความสำคัญได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ที่ช่วยให้บุคคลมีความสามารถในการแก้ปัญหา พัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ นอกจากจะช่วยพัฒนาความสามารถ พัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยให้มีสุขภาพจิตที่ดี มีความสุขกับการใช้ชีวิต ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า ความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นสิ่งที่ควรปลูกฝังให้ผู้เรียนได้เกิดขึ้น เนื่องจากในปัจจุบัน ประเทศต้องการคนที่มีความคิดที่แปลกใหม่ เพื่อที่จะนำไปเป็นกำลังในการพัฒนาประเทศให้ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 และที่สำคัญผู้เรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้น จะมีความสุขกับการเรียนรู้ เมื่อมีสุขภาพจิตที่ดี ก็พร้อมที่จะเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1965, pp. 125-144 อ้างถึงใน ดิลก ดิลกานนท์, 2534 หน้า 37) แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ จากแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของ Guilford ที่ได้อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือที่เรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งได้นำมาศึกษาถึงองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้นเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งต้องอาศัยความคิด จินตนาการ หรือที่เรียกว่า ความคิดจินตนาการประยุกต์ คือไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องคิดสร้างสรรค์ และหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย ความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้ตามลักษณะดังนี้ คือ

1.1 ลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการคิด และสามารถแตกความคิดจากของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ ที่ไม่ซ้ำซ้อนกับของเดิม

1.2 ลักษณะของบุคคล คือ บุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเองเชื่อมั่นในตนเอง กล้าคิด กล้าลอง กล้าแสดงออก ไม่ขลาดกลัวต่อความไม่แน่นอน หรือคลุมเครือ แต่เต็มใจและยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าว บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นบุคคลที่มีสุขภาพจิตดีด้วย

1.3 ลักษณะทางผลิตผล ผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่มจึงเป็นงานที่แปลกใหม่ไม่เคยปรากฏมาก่อน มีคุณค่าทั้งต่อตนเอง และเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม คุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่ระดับต้น เช่น ผลงานที่เกิดจากความต้องการแสดงความคิดอย่างอิสระ ซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานและค่อย ๆ พัฒนาขึ้น โดยเพิ่มทักษะบางอย่าง ต่อมาจึงเป็นขั้นงานประดิษฐ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ไม่ซ้ำกับใคร นอกจากนั้นก็พัฒนางานประดิษฐ์ให้ดียิ่งขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

2. ความคล่องในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด ความคิดคล่องสามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่คิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มากหลายอย่างและแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาแต่ละอย่างเปรียบเทียบกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุด

3. ความยืดหยุ่นในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทางแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่างอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

Guilford (1967, pp. 145-151) เชื่อว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคล่องในการคิด (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดได้อย่างรวดเร็ว มีปริมาณมากและไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน หรือเป็นความสามารถในการผลิตความคิดได้หลากหลาย ความคล่องในการคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพราะในการแก้ปัญหานั้น ต้องการความรวดเร็ว และคิดหาวิธีได้หลายวิธี

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิด ซึ่งเป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย หรือการคิดได้หลากหลาย

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดง่าย ๆ ธรรมดา หรือความคิดที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพได้ชัดเจน ซึ่งความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งหรือขยายความคิด เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น

อารี พันธ์มณี (2547, หน้า 35) กล่าวว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มักเข้าใจและมุ่งเน้นไปที่ความคิดริเริ่ม ซึ่งแท้ที่จริงแล้วความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยลักษณะอื่น ๆ ด้วย มิใช่ความคิดริเริ่มเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ความคิดริเริ่มเป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้เกิดการเริ่มต้นขึ้น แต่ความสำเร็จของการสร้างสรรค์ก็จำเป็นต้องอาศัยลักษณะอื่น ๆ ประกอบด้วย จากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford ได้อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือเรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่นหรือความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่นและแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นของใหม่ที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจจะเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับ ซึ่งเป็นเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอน แม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจจะเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

ความคิดคล่องแคล่วในการคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะต้องแสวงหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลายวิธี และต้องนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการและความคิดคล่องแคล่วนับว่าเป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิดแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontancous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ เป็นต้น ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดให้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสารเท่านั้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นจะดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าความคิดยืดหยุ่นจะเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่ว มีความแปลกใหม่แตกต่างออกไป หลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนหรือเพิ่มคุณภาพให้มากขึ้นด้วย การจัดหมวดหมู่และหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้แบ่งลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ มี 4 ลักษณะ ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดเดิม ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น ที่ไม่ซ้ำกับของเดิม ไม่เคยปรากฏมาก่อน

2. ความคล่องในการคิด (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณที่มากในเวลาจำกัด เช่น ให้ผู้เรียนวาดภาพต่อเติมรูปที่กำหนดให้ได้มากที่สุดในเวลา 10 นาที

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง ดัดแปลงสิ่งหนึ่งไปเป็นอีกสิ่งหนึ่งได้ เช่น ให้ผู้เรียนนำขวดพลาสติกที่เหลือนำไปใช้ทำอะไรให้เกิดประโยชน์ได้บ้าง

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากข้อมูลที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance (1965) ว่าสามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

1. ความคิดริเริ่ม คือ ความสามารถในการคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากคนอื่น ไม่ซ้ำคนอื่นหรือไม่เคยมีมาก่อน มีความเป็นต้นแบบและมีคุณค่า

2. ความคิดคล่องแคล่ว คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบหรือวิธีการในการแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมากและรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนด

3. ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการดัดแปลงคิดหาคำตอบหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลากหลายกลุ่มหรือหลากหลายประเภท

4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความสามารถในการคิดที่มีการนำเสนอได้อย่างละเอียด ชัดเจนเพื่อให้ได้ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กระบวนการคิดสร้างสรรค์

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) หมายถึง วิธีคิดหรือกระบวนการทำงานของสมองอย่างเป็นไป และสามารถคิดปัญหาได้สำเร็จ กระบวนการคิดสร้างสรรค์นั้นเกิดขึ้นเมื่อคนเรามุ่งคิดเพื่อไปสู่จุดมุ่งหมายที่แปลกใหม่ ซึ่งมีนักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

Wallach & Kogan (1973, p. 12) ได้อธิบายกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ว่า เกิดจากความคิดในสิ่งใหม่ ๆ โดยอาศัยการลองผิดลองถูก ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเตรียมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่อยู่ในความสับสน โดยข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่สามารถจัดเป็นระบบได้ ซึ่งเป็นขั้นของการหยุดความคิดไว้ชั่วคราว

3. ขั้นความคิดกระจ่าง (Illmination) เป็นขั้นการจัดระบบข้อมูลออกเป็นความคิดที่สามารถมองเห็นภาพพจน์ชัดเจน

4. ขั้นทดสอบความคิดหรือขั้นพิสูจน์ให้เห็นจริง (Verification)

Torrance (1974, p. 47) ได้อธิบายถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหา หรือสิ่งที่บกพร่องขาดหายไป แล้วจึงรวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐานขึ้น ต่อจากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ขั้นต่อไปจึงเป็นรายงานผลที่ได้จากการทดสอบ เรียกกระบวนการลักษณะนี้ว่า The Creative Problem Solving หรือกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ แบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง (Fact - Finding) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่เกิดความรู้สึกกังวล มีความสับสนวุ่นวาย (Mess) เกิดขึ้นในใจ แต่ไม่สามารถแสดงออกได้ว่าเป็นอะไร จากจุดนี้ก็พยายามตั้งสติและหาข้อมูลพิจารณาดูว่าความยุ่งยาก วุ่นวาย สับสน หรือสิ่งที่ทำให้กังวลใจนั้นคืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นพบปัญหา (Problem - Finding) ขั้นนี้เกิดขึ้นต่อจากขั้นที่เมื่อได้พิจารณาโดยรอบคอบแล้วจึงเข้าใจและสรุปได้ว่า ความกังวลใจ ความสับสนวุ่นวายในใจนั้น ก็คือการเกิดมีปัญหาเกิดขึ้นนั่นเอง

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐาน (Idea - Finding) ขั้นนี้เกิดขึ้นต่อจากขั้นที่เมื่อรู้ว่าปัญหาเกิดขึ้นก็พยายามคิดและตั้งสมมติฐานขึ้น และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 4 การค้นพบคำตอบ (Solution - Finding) ในขั้นนี้จะสามารถพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 การยอมรับผลจากการค้นพบ (Solution - Finding) ในขั้นนี้จะเป็นการยอมรับคำตอบที่ได้จากการพิสูจน์เรียบร้อยแล้ว จะแก้ปัญหาให้สำเร็จได้อย่างไร และต่อจากจุดนี้การแก้ปัญหาหรือการค้นพบยังไม่จบตรงนี้ แต่ผลที่ได้จากการค้นพบจะนำไปสู่หนทางที่จะทำให้เกิดแนวคิดหรือสิ่งใหม่ต่อไป ที่เรียกว่า New Challenges

Edward De Bono (1982, pp. 6-9) ได้อธิบายความคิดของมนุษย์ว่ามี 2 ลักษณะ คือ

1. การคิดในกรอบ (Vertical Thinking) หมายถึง ลักษณะการคิดเชิงเหตุผล เป็นการคิดเชิงตรรกะ การคิดวิพากษ์วิจารณ์ คิดวิเคราะห์ และการคิดระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์

2. การคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) หมายถึง ลักษณะของการคิดที่ออกไปจากขอบเขตของความคิดเดิม การคิดนอกกรอบจะก่อให้เกิดแนวคิดใหม่หลาย ๆ อย่าง ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ

ซึ่ง De Bono ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะคิดนอกกรอบ โดยเทคนิคในการคิดนอกกรอบ มีดังนี้

1. เทคนิคการหาความคิดครอบงำ และองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา (Dominate ideas crucial factor) กล่าวคือ ในสภาพการณ์ที่เป็นปัญหา คนเราจะมีแนวคิดครอบงำ ทำให้การคิดแก้ปัญหาเป็นไปตามแนวคิดเดิม บางครั้งไม่สามารถแก้ปัญหาได้ แนวคิดที่ครอบงำทำให้ปิดแนวคิดอื่น ๆ ที่เป็นความคิดแปลกใหม่ หรือเป็นความคิดริเริ่ม ดังนั้น เมื่อต้องการแก้ปัญหาจะต้องใช้เทคนิคการคิดว่า กรอบครอบงำนั้นคืออะไร และจะต้องสร้างแนวคิดให้แตกต่างออกไปจากแนวคิดครอบงำนั้น

2. เทคนิคการเลื่อนการตัดสินใจ (Suspended Judgement) กล่าวคือ เมื่อคิดแก้ปัญหาในปัญหาใดปัญหาหนึ่ง แนวคิดบางอย่างอาจมองดูแล้วไม่น่าจะใช้แก้ปัญหาได้ หรือดูพิสดารจากสภาวการณ์โดยทั่วไป อย่าเพิ่งด่วนตัดสินใจว่าแนวคิดนั้นไม่สมเหตุสมผล แต่ควรให้ระยะเวลาในการตัดสินใจแนวคิดนี้ออกไปอีก แล้วกลับมาคิดทบทวนอีกครั้งว่าแนวคิดนี้มีส่วนดีอะไรที่น่าจะนำมาใช้ในการสร้างแนวคิดที่เป็นประโยชน์ได้อย่างไร

3. เทคนิคการเปลี่ยนความเชื่อเดิม (Challenging Assumption) กล่าวคือ ความเชื่อเดิมหรือประสบการณ์เดิมเป็นสิ่งที่จำกัดขอบเขตของแนวคิดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา จะต้องพยายามคิดที่จะเปลี่ยนความเชื่อเดิม เพราะปัจจุบันจะเห็นได้ชัดว่าปัญหาเดียวกัน แต่มีแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากมาย ที่ไม่ใช่วิธีการเดิม ๆ ที่เคยใช้มาในอดีต

4. เทคนิคการหาคำตอบหลาย ๆ ทาง วิธีการนี้จะทำให้ทราบความเชื่อเดิม และสร้างแนวคิดได้หลาย ๆ แนวคิด ในการแก้ปัญหาโดยการถามว่าทำไม เพื่อให้สามารถทราบว่าความเชื่อเดิมที่กำหนดแนวคิดมีว่าอย่างไร และเพื่อเปลี่ยนความเชื่อเดิมว่าไม่จำเป็นเฉพาะแนวคิดแบบเดียวเท่านั้นที่จะใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าเราเกิดแนวคิดใหม่ เกิดความเชื่อใหม่ ก็จะทำให้เรามีแนวคิดใหม่ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้หลาย ๆ แนวคิด หรือหลาย ๆ วิธี

จากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการคิดสร้างสรรค์ พบว่า ขั้นตอนของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ สามารถที่จะนำมากำหนดเป็นวิธีการสอนที่สอดคล้องกันกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ โดยสอดคล้องกับขั้นต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด สอดคล้องกับการค้นพบปัญหา มีการเตรียมการและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน จากความรู้เดิมของผู้เรียน ที่เป็นข้อเท็จจริงต่าง ๆ ผ่านการวางแผน การวาดภาพ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนกำลังพบเจอ

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง สอดคล้องกับการรวบรวมข้อมูล เริ่มมีการทดลอง ลงมือสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นด้วยตนเอง ค้นหาแนวทางที่ถูกต้อง ซึ่งจะนำไปยังคำตอบที่สมบูรณ์จากการศึกษาแบบจำลองนั้น ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นประเมินแบบจำลอง สอดคล้องกับการวิเคราะห์ และพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดเพื่อหาความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล และเพื่อให้ความเข้าใจของผู้เรียนไม่คลาดเคลื่อนในส่วนที่เป็นรายละเอียดของแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง สอดคล้องกับการเกิดความคิดโดยมีการเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์เข้าด้วยกันระหว่างแบบจำลองของตนเอง กับของผู้อื่น เพื่อให้เกิดความถูกต้องสมบูรณ์ และมีการปรับความเข้าใจในส่วนที่คำตอบของตนเองยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง สอดคล้องกับการพิสูจน์ให้เห็นจริง และถูกต้อง เพื่อในใช้การอธิบายข้อมูลต่าง ๆ ในเชิงนามธรรมได้ หรือเพื่อต่อยอดความรู้ขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นอย่างถูกต้องสมบูรณ์

ลักษณะและพฤติกรรมของเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นศักยภาพของแต่ละบุคคล มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายของศักยภาพของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์แตกต่างกันไป ดังนี้

Anderson and others (1970, p. 90) กล่าวถึงบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นผู้อุทิศตนให้กับงานและชอบทำงานที่ยาก หลากหลาย มีความมุ่งมั่นในการติดตามแก้ปัญหา มีความสามารถในการสรุปใจความสำคัญ สนุกกับการคิดในสิ่งที่ท้าทาย มีจิตใจจดจ่ออยู่กับงานที่ทำ ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค ไม่วิตกกังวลในข้อผิดพลาด แต่นำข้อผิดพลาดมาเป็นบทเรียน ไม่ด่วนสรุปเหตุการณ์ต่าง ๆ เร็วจนเกินไปก่อนที่จะสำรวจให้แน่ใจเสียก่อน สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ถี่ถ้วน ไวต่อการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่พึงพอใจในสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ชอบแสดงออก กล้าแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น อยากรู้อยากเห็น ชอบตั้งคำถามให้กับตัวเองว่า ทำไม และอย่างไร

Torrance (1974, p. 81) ได้ทำการศึกษาบุคลิกภาพของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง พบว่า เป็นคนที่มีความคิดผิดแปลกไปจากคนอื่น มีผลงานที่ไม่ซ้ำแบบใคร

อุษณีย์ โพธิสุข (2537, หน้า 88-89) ได้สรุปบุคลิกลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นผู้มีความฉลาด สามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไวต่อปัญหา มองเห็นปัญหาที่ชัดเจน และปัญหาที่แฝงอยู่ที่คนอื่นคิด ชอบความคิดยาก ๆ สลับซับซ้อน แปลกใหม่ ท้าทายอยู่เสมอ อ่อนไหวต่อความงดงามสุนทรียภาพของสิ่งต่าง ๆ มุ่งมั่นสำเร็จ อยากเห็นผลโดยไม่สนใจว่าคนอื่นจะคิดอย่างไร

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541, หน้า 14-15) ได้สรุปบุคลิกภาพของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นบุคคลที่มีสติปัญญา มีไหวพริบ มีความสามารถในการประยุกต์ มีความคิดที่ยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม มีอิสระในการคิดและการกระทำ สนใจในสิ่งต่าง ๆ และผสมผสานสิ่งที่พบเห็นกับความรู้สึกภายในใจได้ มีความสามารถในการหยั่งรู้ มีความรู้และเข้าใจในคุณค่าของความงาม รู้จักตนเอง มีความเชื่อมั่น และรู้จักใช้กระบวนการคิดนี้ให้เป็นที่ยอมรับ

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ลักษณะและพฤติกรรมของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้น จะมีบุคลิกที่มีความฉลาด มีไหวพริบ มีความสามารถในการประยุกต์ สามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชอบในการแก้ปัญหา สนุกกับการคิดที่หลากหลาย ชอบความคิดยาก ๆ และแปลกใหม่ รู้สึกท้าทายเมื่อเจอกับปัญหาต่าง ๆ สามารถนำข้อผิดพลาดมาพัฒนาให้กลายเป็นบทเรียนได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้จะสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดลักษณะและพฤติกรรมของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ดังกล่าวได้

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

อารี พันธ์มณี (2546, หน้า 66 - 68) ได้กล่าวถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ในวัยมัธยมศึกษาไว้ ดังนี้

อายุ 12 – 14 ปี เด็กต้องการเรียนรู้และโอกาสที่จะเลือกและทดลองทำอาชีพที่สนใจเพื่อเป็นการเตรียมตัวล่วงหน้า แม้ว่าในอนาคตเขาจะเปลี่ยนอาชีพใหม่ เด็กควรได้รับประสบการณ์ในการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ และดำเนินการในเรื่องที่ได้ตัดสินใจแล้วให้ตลอด เด็กควรได้รับการฝึกให้วางแผนงานที่น่าตื่นเต้นของคนอื่น และให้รู้จักยอมรับและยกย่องเพื่อน ๆ และแสดงออกอย่างสร้างสรรค์

นอกจากนี้ เด็กในช่วงอายุ 12 – 16 ปี ยังต้องการความช่วยเหลือ เพื่อให้เด็กรู้จักคิดและให้เด็กได้รู้จักนำความสามารถของเขาไปใช้เพื่อทำให้ประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคต เป็นช่วงเวลาที่ต้องให้เด็กได้ทราบความสามารถของตน ตามความเป็นจริงและเป็นช่วงเวลาที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับทักษะในการแก้ปัญหา

อายุ 14 – 16 ปี ช่วงนี้การจินตนาการส่วนมากจะเกี่ยวกับอาชีพที่เด็กมุ่งหวังในอนาคต ทั้งเด็กหญิงและเด็กชายยังคงชอบการผจญภัย ความสนใจ ทัศนคติของเด็กพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว แม้ไม่คงที่นัก เด็กจะยังไม่เรียนรู้ว่าตนจะนำหลักการต่าง ๆ ไปประยุกต์อย่างสร้างสรรค์ได้อย่างไร แต่จะเรียนรู้ว่าสิ่งใดถูก สิ่งใดผิด เด็กมักกังวลในเรื่องการยอมรับของกลุ่มเพื่อน และมักกลัวเกี่ยวกับการทดลองความสามารถ

อายุ 16 – 18 ปี ช่วงนี้เด็กต้องการที่จะใช้จินตนาการของตนอย่างเต็มที่ เด็กมักจะจินตนาการของตนไว้ในแง่ดี มีความทะเยอะทะยาน ความสนใจของเด็กมั่นคงพอที่จะกำหนดเกี่ยวกับทัศนคติที่สำคัญของเด็ก สามารถคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรมและถ่ายทอดไปสู่ประสบการณ์เฉพาะได้ เด็กสามารถเรียนรู้การใช้อารมณ์อย่างสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาและสามารถทำงานร่วมกับกลุ่มอย่างแข็งขัน

จากพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ในช่วงวัยมัธยมศึกษาดังกล่าว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งอยู่ในช่วงอายุ 16 – 18 ปี จะอยู่ในช่วงวัยที่ต้องใช้จินตนาการในการเรียน โดยเนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ เป็นเรื่องที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซึ่งต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบในการทำความเข้าใจ จึงสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

การวัดความคิดสร้างสรรค์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำได้หลายแนวทาง โดยแต่ละแนวทางจะมีวิธีวัดหลายวิธี ซึ่งมีนักการศึกษาได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวัดที่แตกต่างกันออกไป การวัดความคิดสร้างสรรค์ จะวัดตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ที่ยึดตามแนวทฤษฎีที่กำหนดไว้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

กรมวิชาการ (2535 อ้างถึงใน นพคุณ แงวกุดเรือ, 2553) กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่า สามารถวัดได้ 3 วิธีการคือ

1. การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนกระทำได้ 2 ลักษณะกล่าวคือเป็นแบบทางการและไม่เป็นทางการ การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนแบบเป็นทางการอาจใช้แบบทดสอบแบบมาตรวัดประเมินค่าหรือการสัมภาษณ์หรือการสอบถามความคิดเห็นจากครูประจำชั้นหรือครูผู้สอนวิชาต่าง ๆ การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนทั้ง 2 ลักษณะสังเกตได้จากความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมแต่ละกิจกรรมและพฤติกรรมที่ปรากฏ เช่น มีความมั่นใจในการพูดสามารถพูดแสดงความคิดเห็นได้อย่างรวดเร็ว มีความคิดหลายทิศทาง มีอารมณ์ขันสนุกสนานร่าเริงสามารถปรับตัวได้ดีในบรรยากาศที่อิสระ มีความเป็นตัวของตัวเองมีความสุขกับการทำงาน มีความอยากรู้อยากเห็น

2. การใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปแบบทดสอบจะมีลักษณะเป็นการกำหนดสถานการณ์ที่แปลกประหลาด หรือไม่ใช่สถานการณ์ตามปกติ แล้วให้นักเรียนใช้ความคิดโดยอิสระ “ตอบ” จากสถานการณ์นั้นคำตอบของนักเรียนอาจไม่นำไปพิจารณาได้ว่าถูกหรือผิด เนื่องจากเป็นคำตอบที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ “แปลกใหม่” การพิจารณาให้คะแนนคำตอบนิยมแยกให้คะแนน 3 กรณีคือ 1. ความคิดคล่องหรือความคล่องแคล่วในการคิด (fluency) 2. ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) 3. ความคิดริเริ่ม (originality) ในการทดสอบบางครั้งอาจให้คะแนนกรณีอื่นได้อีก เช่น ความคิดละเอียดลออ (elaboration) ความคิดคล่อง หมายถึง จำนวนข้อรายการที่ตอบได้ตรงตามเงื่อนไข เช่น ถ้าตอบได้ 7 ข้อถือว่าคิดคล่องได้ 7 คะแนนเป็นต้น ในขณะที่ความคิดยืดหยุ่นหมายถึง จำนวนกลุ่มของคำตอบที่จัดเข้าเป็นหมวดหมู่ได้เช่นจากการตอบได้ 7 ข้อหากจัดคำตอบได้ 3 กลุ่ม (สมมติว่ากลุ่มที่ 1 มี 4 ข้อกลุ่มที่ 2 มี 2 ข้อและกลุ่มที่ 3 มี 1 ข้อ เช่นนี้จะได้คะแนนความยืดหยุ่น 3 คะแนน) ส่วนความคิดริเริ่มพิจารณาจาก “การไม่ซ้ำ” กับคำตอบของผู้เข้าสอบในคราวเดียวกัน โดยหลักการคำตอบที่ไม่ซ้ำกับใครจะได้คะแนนสูงสุดซึ่งโดยปกตินิยมให้คะแนนคำตอบเช่นนี้ 5 คะแนนส่วนคำตอบที่ซ้ำกันก็ให้คะแนนลดหลั่นกันไปเป็น 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ

3. การตรวจสอบคุณภาพของผลงานการวัดความคิดสร้างสรรค์โดยการพิจารณาคุณภาพของผลงานนี้จัดว่าเป็นการวัดใน “ระดับลึก” กว่าการวัดโดยใช้แบบทดสอบในการวัด โดยวิธีนี้เป็นการกระทำโดยให้ผู้รู้เป็นผู้ตรวจคุณภาพของผลงานในที่นี้ผลงานอาจหมายถึงงานในลักษณะต่าง ๆ ที่ครูมอบหมายให้ทำจะต้องกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ชัดเจน

อารี รังสินันท์ (2526) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมการวัดความคิดสร้างสรรค์และตัวอย่างประกอบการอธิบายไว้อย่างน่าสนใจ ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ Abraham (1927) และ Andrew (1930) ได้ศึกษาแบบต่าง ๆ ของความคิด จินตนาการ และได้ใช้วิธีการสังเกตเป็นวิธีการวัดวิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีการ เขาพยายามที่จะวัดความคิดจินตนาการของเด็กจากพฤติกรรมการเล่นและการทำกิจกรรม โดยการสังเกตพฤติกรรม การเลียนแบบ การทดลองการปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การใช้คำอธิบายและบรรยายให้เกิดภาพพจน์ชัดเจน ตลอดจนการเล่านิทาน การแต่งเรื่องใหม่ การเล่นและคิดเกมใหม่ ๆ ตลอดจนพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึกซาบซึ้งต่อความสวยงาม เป็นต้น

Markey (1935) ได้ใช้การสังเกตพฤติกรรมการเล่นเกม บ้าน การตั้งชื่อแปลก ๆ ลักษณะความเป็นผู้นำ การสร้างหรือต่อไม้บล็อกของเด็ก เป็นต้น และยังสรุปข้อคิดไว้ว่า ไม่มีวิธีทดสอบวิธีใดวิธีเดียวที่จะวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กทุกด้าน และวิธีสอบหนึ่ง ๆ จะไม่สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กได้ทุกวัยและทุกระดับชั้นได้ครอบคลุม เขาได้ยกตัวอย่างให้เห็นว่าเด็กโตมักจะสนใจเกมบ้านน้อยกว่า และทำคะแนนได้น้อยกว่าเด็กเล็ก เพราะเด็กเล็กมีความสนใจและตั้งชื่อได้แปลกพิสดาร และจินตนาการมากกว่า ในขณะที่เด็กโตจะสนใจกับความจริง ความเป็นไปได้ และความมีเหตุมีผลมากกว่า เป็นต้น

Torrance (1965) ได้ใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของเด็กด้วยการระบุหัวข้อที่ใช้เป็นแนวทางในการสังเกตผู้มีความคิดสร้างสรรค์สูงได้ แม้จะไม่ตรงกับแบบทดสอบ เช่น การสังเกตความสามารถในการใช้เวลาให้เป็นประโยชน์โดยปราศจากสิ่งเร้า นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ไกลเกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ และแสดงลักษณะกล้าทดลอง กล้าเสี่ยง เป็นต้น การสังเกตพฤติกรรม เป็นวิธีการที่พ่อแม่ ครู ผู้ปกครอง สามารถใช้การสังเกตพฤติกรรมให้เป็นประโยชน์ได้ เพราะบุคคลดังกล่าวอยู่ใกล้ชิดและรู้จักเด็กดีกว่าบุคคลอื่น แต่มีข้อสังเกตว่าครูและผู้ปกครองควรทราบและเข้าใจพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ที่เด็กแสดงออกได้ถูกต้อง มิฉะนั้นจะทำให้ผลของการสังเกตผิดพลาดไป เพราะเท่าที่ปรากฏ ครูมักเข้าใจว่าเด็กที่มีสติปัญญาดี มีระเบียบวินัย และเชื่อฟังครู เป็นเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมให้เป็นภาพ ลักษณะดังกล่าวได้มีการทดลองใช้และศึกษากันมาเป็นเวลานานแล้ว เช่น

Simpson (1927) ได้ใช้จุดวงกลมเล็ก ๆ 40 จุดจำนวน 50 ชุด เป็นสิ่งเร้าให้เด็กวาดแล้วพิจารณาความคิดคล่อง ตัวความคิดริเริ่ม และความคิดยืดหยุ่น จากภาพที่เด็กวาด

Grippen (1933) ได้ใช้วิธีการให้เด็กวาดภาพ พร้อมกับให้อธิบายประกอบภาพที่กำลังวาด และ Markey (1935) ก็ใช้สิ่งเร้าที่เป็นวงกลม สี่เหลี่ยม ให้เด็กวาดภาพ เช่นกัน Guilford (1965) และ Torrance (1967) ก็ได้ออกแบบสิ่งเร้าในลักษณะเดียวกัน เป็นส่วนหนึ่งของการวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก และพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในแง่ของความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบ และความละเอียดลออในการตกแต่งภาพ เป็นต้น

3. รอยหยดหมึก (Inkblots) หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึก แล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี Kirkpatrick (1900) ได้ใช้รอยหยดหมึก โดยให้เด็กดูภาพแล้วตอบโดยไม่จำกัด ให้อิสระในการคิดฝัน ตอบได้เต็มที่ ส่วนคำสั่งก็สั้น ๆ ไม่เฉพาะเจาะจงและสิ่งเร้ารอยหยดหมึกก็เป็นแบบคลุมเครือไม่ชัดเจน คำตอบของเด็กจะได้รับการพิจารณาจากความสามารถในการคิดประดิษฐ์ อารมณ์ขัน ลักษณะจินตนาการ ความรู้สึก และความสามารถในการรับรู้ที่ดีต่อรอยหยดหมึก

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนดและการประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน นักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กในวัยประถมศึกษามีความสำคัญยิ่ง หรือจัดเป็นช่วงวิกฤติของการพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ เด็กมีความสนใจในการเขียนสร้างสรรค์ และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะ จากการศึกษาประวัติบุคคลสำคัญของนักประดิษฐ์นักวิทยาศาสตร์เอกของโลก เช่น นิวตัน เจมส์ ฮิลเลอร์ และปาสคาลร์ พบว่าบุคคลเหล่านี้ได้แสดงแววสร้างสรรค์ด้วยการประดิษฐ์ และสร้างผลงานชิ้นแรกเมื่ออยู่ในวัยประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่

เด็กช่วงวัยนี้จะมีพัฒนาการทางภาษาดี การเขียนบรรยายหรือแสดงความรู้สึกจินตนาการเป็นที่สนใจของเด็ก Colvin (1962) ได้ใช้วิธีการให้เด็กเขียนเรียงความ และวัดความคิดแปลกใหม่ ความคิดจินตนาการ และความมีอารมณ์ขันของเด็กจากสิ่งที่เด็กได้เขียนออกมา เป็นต้น Stephenson (1849) ก็ได้ทดลองให้เด็กเขียนคำกลอน ส่วน Torrance (1963) ก็ได้คิดวิธีให้เด็กเขียนเรียงความจากเรื่องที่คาดคิดไม่ถึง โดยกำหนดหัวข้อให้เขียนเช่น “ผู้ชายที่ร้องไห้” “ครูที่ไม่พูด” “สุนัขที่ไม่เห่า” เป็นต้น ซึ่งปรากฏว่าเขาพบความคิดแปลก ๆ ใหม่ ๆ และน่าสนใจจากความคิดจินตนาการของเด็ก

5. การใช้แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ นับเป็นพัฒนาการของการวัดความคิดสร้างสรรค์ในขั้นต่อมา คือ การใช้แบบทดสอบมาตรฐานซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งที่ใช้ภาษาเป็นสื่อ และที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบมีการกำหนดเวลาด้วย ปัจจุบันก็เป็นที่นิยมใช้มากขึ้น เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance เป็นต้น

อารีย์ พันธ์มณี (2537, หน้า 185-188) กล่าวว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ นอกจากจะทำให้ทราบระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็กแล้ว ยังวินิจฉัยข้อบกพร่อง หรือจุดด้อยที่สกัดกั้นความคิดสร้างสรรค์ของเด็กได้ด้วย ซึ่งการวัดความคิดสร้างสรรค์นั้น สามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ จากความคิดจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรม การทดลองการปรับปรุง และตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดยสังเกตความสามารถทำกิจกรรมได้ไกลเกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ แสดงลักษณะที่กล้าทดลองกล้าเสี่ยง

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้สิ่งเร้าอาจเป็นรูปวงกลมหรือสี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมตามจินตนาการ โดยพิจารณาในแง่ของความคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำแบบใคร และความละเอียดลออในการตกแต่งภาพ

3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึกแล้วคิดคำตอบจากภาพที่เห็นโดยอิสระว่า เป็นภาพอะไร ซึ่งมักใช้กับเด็กประถมศึกษา พิจารณาให้คะแนนจากจินตนาการ อารมณ์ขัน ความรู้สึก และความสามารถในการรับรู้ที่ดีต่อรอยหมึกนั้น

4. การเขียนเรียงความ และงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด ซึ่งเป็นเรื่องที่คาดไม่ถึง เช่น กำหนดให้เขียนเรื่อง “สุนัขที่ไม่เห่า” และประเมินจากงานศิลปะของนักเรียนแล้ววัดความคิดแปลกใหม่ความคิดจินตนาการอารมณ์ขันจากสิ่งที่เขียนแสดงออกมา

5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยกำหนดเวลาให้ทำ ซึ่งมีทั้งแบบทดสอบที่ใช้ภาษาเป็นสื่อและภาพเป็นสื่อเพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดพฤติกรรม ความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบ ซึ่งอาจใช้ควบคู่กับแบบสำรวจพฤติกรรม หรือแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ก็จะยิ่งช่วยให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงและถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่นิยมใช้แพร่หลาย มีดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford (1967, p. 197) การวัดความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโครงสร้างเชาว์ปัญญาของ Guilford ถ้าจะวัดให้ครบถ้วนสมบูรณ์จะต้องสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทั้งหมดเซลล์ แต่ในทางปฏิบัติจะไม่วัดทั้งหมด ซึ่ง Guilford ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กขึ้นโดยวัดเพียง 1 ใน 3 ของความสามารถทั้งหมดเท่านั้น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ คือ ฉบับภาษา (Verbal tasks) กับฉบับรูปภาพ (Nonverbal tasks) แต่ละฉบับประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุดดังนี้

1.1 ฉบับภาษา (Verbal tasks) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุด คือ

ชุดที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMU (Divergent-semantic-units) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาเป็นหน่วย

ชุดที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMC (Divergent-semantic-classes) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาเป็นประเภทหรือกลุ่ม

ชุดที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMR (Divergent-semantic-relation) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปของความสัมพันธ์

ชุดที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMS (Divergent-semantic-systems) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปของระบบ

ชุดที่ 5 แบบทดสอบวัดความสามารถ DMI (Divergent-semantic-implication) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นภาษาแล้วตอบออกมาในรูปการประยุกต์

1.2 ฉบับรูปภาพ (No verbal tasks) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ชุด คือ

ชุดที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVU (Divergent-visual-units) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของเป็นหน่วย

ชุดที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVC (Divergent-Visual-classes) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของประเภทหรือกลุ่ม

ชุดที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVS (Divergent-visual-systems) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของระบบ

ชุดที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVT (Divergent-visual-transformation) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปของการแปลงรูป

ชุดที่ 5 แบบทดสอบวัดความสามารถ DVI (Divergent-visual-implication) เป็นแบบทดสอบที่ให้คิดหาคำตอบให้มากที่สุดจากเนื้อหาที่เป็นรูปภาพแล้วตอบออกมาในรูปการประยุกต์

การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แต่ละฉบับจะวัดความคิดสร้างสรรค์เพียงด้านเดียว หรือให้คะแนนแบบเดียว เช่น ถ้าจะวัดด้านความคิดคล่องแคล่ว แบบทดสอบที่ใช้วัดก็จะให้คะแนนตามจำนวนคำตอบที่เด็กตอบได้ แต่ถ้าจะวัดด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม หรือด้านความคิดละเอียดลออ ก็จะสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่อีกต่างหาก แต่ถ้าจำเป็นจะใช้แบบทดสอบเดิมแต่ต้องการวัดด้านอื่นจะต้องมีคำชี้แจงแตกต่างกันถ้ามีทิศทางเดียวกันก็จะนับเป็น 1 คะแนน เป็นต้น

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1974) ได้กำหนดกรอบของความคิดไว้ 4 ด้าน คือ

1. ด้านความคิดคล่อง หมายถึง จำนวนความคิดที่ตอบปัญหาผู้ที่สามารถคิดแนวทางแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้มาก แสดงว่ามีความคล่องในการคิดสูง ฉะนั้นคะแนนความคิดคล่องจึงขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบของผู้ตอบ

2. ด้านความคิดยืดหยุ่น หมายถึง จำนวนของกลุ่มหรือประเภท (Set, Kind) ของสิ่งที่คิด ผู้ที่สามารถคิดได้หลายทิศทาง แสดงว่าสามารถค้นหาแนวทางแก้ปัญหา หรือคิดหาคำตอบได้หลายแง่หลายมุม เช่น นาย ก กับ นาย ข ตอบคำถามที่ว่า “ชอล์กมีประโยชน์อย่างไรบ้าง” ต่างกันดังนี้

คำตอบของนาย ก คือ ใช้วาดวงกลม วาดภาพ ทำเครื่องหมายในสนามบาสเกตบอล ขีดเครื่องหมายแสดงระดับความสูงของเราบนฝาผนัง เขียนข้อความเพื่อช่วยความจำ

คำตอบของนาย ข คือ ใช้ทำล้อรถเล็ก ๆ วาดการ์ตูน คาบแทนบุหรี่ขณะแสดงละคร เป็นอุปกรณ์การสอน เรื่อง การนับ แกะสลักทำตุ๊กตาหน้ารถ

จะเห็นได้ว่าคำตอบของนาย ก มีทิศทางการคิดเพียงทางเดียว คือใช้ขีดเขียน จึงได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนนาย ข ตอบได้ 5 ทิศทางจึงได้คะแนน 5 คะแนน

3. ด้านความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ เช่น ถามว่าใบตองมีประโยชน์อย่างไรบ้าง ผู้ที่ตอบว่าใช้ห่อขนม จะได้คะแนนความคิดริเริ่มเป็นศูนย์ เพราะคนส่วนใหญ่ตอบเช่นนั้น แต่ถ้าตอบว่าใช้ทำปี๊ยหมัก ก็จะได้คะแนนความคิดริเริ่ม เพราะเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ สำหรับเกณฑ์ความแปลกใหม่ Torrance กำหนดไว้ดังนี้

คำตอบที่มีความถี่ซ้ำกัน 1% แรก ให้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ซ้ำกัน 2% ให้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ซ้ำกัน 3-5% ให้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ซ้ำกัน 6-12% ให้ 1 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ซ้ำกันมากกว่า 12% ให้ 0 คะแนน

4. ด้านความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความสามารถที่จะให้รายละเอียดเพิ่มเติมจากแนวคิดเริ่มแรก เช่น เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมให้แล้วให้วาดภาพต่อเติม ปรากฏว่าเขาเพิ่มรายละเอียดลงไปโดยมีสายยูบานพับอยู่ข้าง ๆ มีลูกบิด ฯลฯ แล้วเขียนชื่อภาพว่า “ประตู” ส่วนที่เขาเพิ่มเติมนี้จะได้คะแนนความคิดละเอียดลออ ซึ่งคะแนนนี้จะให้เฉพาะข้อสอบฉบับรูปภาพบางกิจกรรมเท่านั้น

การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (Torrance Test of Creative Thinking) แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2530, หน้า 19-21)

ส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ (Thinking Creativity With Work) มี 7 กิจกรรมคือ

1. เขียนทุกคำถามที่เขาจำเป็นต้องถามเพื่อค้นหาว่าเกิดอะไรขึ้น

2. เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

3. เขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์

4. เขียนวิธีการปรับปรุงเครื่องเล่น เพื่อให้เด็กได้เล่นอย่างสนุกสนานยิ่งขึ้น

5. เขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้ เช่นเดียวกับแบบทดสอบการใช้ประโยชน์ของ Guilford

6. เขียนคำถามทั้งหมดที่อาจถามเกี่ยวกับสิ่งของสิ่งเดียวกัน

7. เขียนเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ถ้าสภาพการณ์ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริง เช่นเดียวกับแบบทดสอบการสรุปผลลัพธ์ของ Guilford

กิจกรรมทั้ง 7 กิจกรรมนี้ให้คะแนนวัดในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ (Thinking Creativitive With Pictures) มี 3 กิจกรรม คือ

1. การสร้างรูปภาพ (Picture Construction) ให้ผู้สอบลอกกระดาษสี แล้วติดลงบนแผ่นกระดาษใหม่ วาดภาพเพิ่มเติมให้เป็นภาพที่ไม่มีใครนึกถึง เสร็จแล้วตั้งชื่อ และเล่าเรื่องที่น่าสนใจตื่นเต้น

2. การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ (Picture Completion) เป็นการต่อเส้นให้กับรูปที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจเพิ่มเติมเป็นรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึง เสร็จแล้วตั้งชื่อ และเล่าเรื่องในแต่ละภาพ

3. เส้น (Lines) กำหนดเส้นคู่ขนานสั้น ๆ แล้วให้สร้างรูปเพิ่มเติมให้มากที่สุด

กิจกรรมในส่วนที่ 2 ให้วัดในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความละเอียดลออ ความประณีต

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้วยเสียงและคำ (Thinking Creatively With Sounds & Words) มี 2 กิจกรรม โดยให้ผู้สอบฟังจากเครื่องบันทึกเสียง แล้วเขียนความสัมพันธ์ของเสียงในแต่ละครั้ง ทั้ง 2 กิจกรรมนี้ วัดความคิดริเริ่มเท่านั้น

3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Wallach & Kogan (อ้างถึงใน ดิลก ดิลกานนท์, 2534) เครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Wallach & Kogan สร้างขึ้นจากพื้นฐานความคิดด้านการโยงสัมพันธ์ ตามการให้นิยามว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการโยงสัมพันธ์ของวัตถุหรือเหตุการณ์ไปสู่สถานการณ์ที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ ซึ่งลักษณะเครื่องมือวัดของ Wallach & Kogan มีลักษณะคล้ายกับของ Torrance คือแบ่งออกเป็น 2 ฉบับ ดังนี้

1. ฉบับที่เป็นภาษา (Verbal) แบ่งออกเป็นแบบทดสอบย่อย 3 ฉบับ คือ

1.1 ฉบับที่ 1 การยกตัวอย่าง (Instances) เป็นการให้บอกชื่อสิ่งของตามลักษณะที่กำหนดมาให้มากที่สุด เช่น ให้บอกชื่อสิ่งของที่มีลักษณะกลมมาให้มากที่สุด

1.2 ฉบับที่ 2 การบอกประโยชน์ของสิ่งของ (Alternate uses) เป็นการให้บอกการใช้ประโยชน์ที่แปลกใหม่ของสิ่งของที่กำหนดให้นอกเหนือจากที่ใช้ประโยชน์ตามปกติ เช่น ให้บอกประโยชน์ของถ้วยกาแฟหรือหนังสือพิมพ์มาให้มากที่สุด

1.3 ฉบับที่ 3 การบอกความคล้ายคลึง (Simulate) เป็นการให้บอกความคล้ายคลึงกันของมันฝรั่งและหัวผักกาดมาให้มากที่สุด

2. ฉบับที่เป็นแบบทดสอบรูปภาพ (Visual) แบ่งออกเป็นแบบทดสอบย่อย 2 ฉบับ คือ

2.1 ฉบับที่ 1 การบอกความหมายของภาพ (Pattern meaning) เป็นการให้บอกความหมายของภาพที่กำหนดให้มาให้มากที่สุด

2.2 ฉบับที่ 2 การบอกความหมายของเส้น (Line meaning) เป็นการให้บอกความหมายของเส้นจากภาพที่กำหนดให้มาให้มากที่สุด

การตรวจให้คะแนนจากแบบทดสอบมีการให้คะแนน 2 ลักษณะ คือ คะแนนความคล่องแคล่ว (Fluency) ซึ่งหมายถึงจำนวนคำตอบที่ได้มาทั้งหมด และคะแนนความคิดริเริ่ม (Uniqueness) หมายถึงจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำกับของผู้อื่นในกลุ่มตัวอย่างที่ตอบข้อสอบนั้น

จากการศึกษาการวัดความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวข้างต้น พบว่า แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1974) นั้น เป็นแบบทดสอบที่กำหนดกรอบในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 องค์ประกอบ และเป็นที่นิยมในการนำมาใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ ทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย ดังจะเห็นได้ว่า มีผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance ไปประยุกต์ใช้ และมีการพัฒนา ปรับปรุงแบบทดสอบ ให้มีความเหมาะสมในงานวิจัยของตนเองอย่างแพร่หลาย ประกอบกับการที่ผู้วิจัยได้ศึกษา งานวิจัยที่ได้นำการวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance มาประยุกต์ใช้กับผู้เรียนนั้น มีความเชื่อมั่นค่อนข้างสูง เป็นที่น่าเชื่อถือได้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงนำการวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance (1974) ซึ่งมีการวัดความคิดสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ มาพัฒนา และประยุกต์ใช้ในงานวิจัย พร้อมทั้งนำมาสร้างเป็นเกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์ในงานวิจัยครั้งนี้

เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์

นิธิพัฒน์ เมฆขจร (2547, หน้า 66-67) เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ฉบับภาษา จะให้คะแนนตามด้านการคิดเพียง 3 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดยืดหยุ่น และในชุดที่ 6 ที่มีการใช้กันในฉบับก่อน ๆ นั้นได้ถูกตัดไป เนื่องจากมีผลการศึกษาพบว่าชุดที่ 6 ไม่มีความสัมพันธ์ชัดเจนกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของบุคคล ดังนี้จึงเหลือเพียง 6 ชุด โดยแต่ละชุดมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

ชุดที่ 1 ชุดถามและเดา (Ask-and-guess) กิจกรรมการตั้งคำถาม มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำถามที่ตั้งขึ้น จะให้คะแนนคำถามละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบที่เกี่ยวกับการตั้งคำถามนั้นตอบจากรูปภาพที่ปรากฏให้ 0 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบซ้ำกับในคู่มือ ให้ 0 คะแนน

3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบโดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

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

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับภาพที่กำหนดให้ให้ 0 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในคู่มือ ให้ 0 คะแนน

3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบโดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 4 ชุดปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product improvement) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นไม่ได้ปรับปรุงเพื่อนำมาใช้ในการเล่นให้ 0 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในคู่มือ ให้ 0 คะแนน

3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบโดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 5 ชุดประโยชน์แบบแปลก ๆ ของสิ่งของ (Unusual uses) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นเป็นการดัดแปลงแบบเพ้อฝันหรือทำในสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ ให้ 0 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในคู่มือให้ 0 คะแนน

3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบโดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

ชุดที่ 6 ชุดการคิดแบบสมมติ (Just suppose) มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่คิดได้ โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นมีความใกล้เคียงกันมาก ให้ 0 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม จะตรวจให้คะแนนโดยการนับจำนวนคำตอบที่แปลกใหม่ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบคำตอบซ้ำกับในคู่มือ ให้ 0 คะแนน

3. ความคิดยืดหยุ่น จะตรวจให้คะแนนโดยการนับคะแนนจากกลุ่มคำตอบ โดยจะให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

2.2 ฉบับรูปภาพ (No verbal tasks) แบบทดสอบฉบับนี้ Torrance เรียกว่า การคิดอย่างสร้างสรรค์ด้วยภาพ (Thinking creatively with Picture) ซึ่งมี 2 ฉบับ คือ ฉบับ ก และฉบับ ข ผู้ดำเนินการสอบสามารถเลือกใช้ฉบับใดก็ได้ แบบทดสอบทั้ง ฉบับ ก และฉบับ ข ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด หรือ 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 : การวาดภาพ (Picture construction) กิจกรรมนี้จะให้เด็กวาดต่อเติมส่วนของภาพที่กำหนดให้ (ภาพที่กำหนดใน ฉบับ ก จะเป็นภาพคล้ายรูปไข่ ฉบับ ข จะเป็นภาพคล้ายรูปถั่ว) โดยใช้วาดเป็นภาพของอะไรก็ได้ให้สมบูรณ์ ให้เด็กพยายามคิดและวาดภาพที่แปลก ๆ แล้วเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อให้เป็นภาพที่น่าสนใจ เร้าใจ และแปลกใหม่ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อวาดเสร็จแล้วให้คิดชื่อภาพนั้น ๆ ให้เป็นชื่อที่แปลก ๆ แล้วเขียนไว้ใต้ภาพดังกล่าว

กิจกรรมที่ 2 : การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture completion) กิจกรรมนี้จะมีภาพเส้นซึ่งเป็นส่วนของภาพ ๆ หนึ่งจำนวน 10 ภาพ ให้เด็กต่อเติมภาพดังกล่าวให้เป็นรูปหรือภาพอะไรก็ได้ให้สมบูรณ์ ให้เด็กพยายามคิดและต่อเติมให้เป็นภาพที่แปลก ๆ แล้วเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อให้เป็นภาพที่น่าสนใจ เร้าใจ และแปลกใหม่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อวาดเสร็จแล้วให้คิดชื่อภาพนั้น ๆ ให้เป็นชื่อที่แปลก ๆ แล้วเขียนไว้ใต้ภาพดังกล่าว

กิจกรรมที่ 3 : ให้ต่อเติมภาพเส้นคู่ขนานหรือวงกลม กิจกรรมนี้ถ้าเป็น ฉบับ ก จะมีภาพเส้นคู่ขนานจำนวน 30 คู่ ถ้าเป็น ฉบับ ข จะมีวงกลมจำนวน 30 รูป ในการสอบจะให้เด็กวาดภาพสิ่งใด ๆ ก็ได้โดยใช้ภาพที่กำหนดให้เป็นส่วนประกอบสำคัญของภาพหรืออาจจะต่อเติมเส้นคู่ขนาน (หรือวงกลม) หลาย ๆ ภาพเข้าด้วยกันเป็นภาพเดียวกันก็ได้ ให้เด็กพยายามคิดและวาดเป็นภาพที่แปลก ๆ พยายามวาดเป็นภาพต่าง ๆ กันให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หลังจากวาดเสร็จแล้วให้ตั้งชื่อภาพแต่ละภาพเป็นชื่อแปลก ๆ แล้วเขียนกำกับไว้ใต้ภาพแต่ละภาพนั้น ๆ ในการสอบเด็กจะมีเวลาทำกิจกรรมกิจกรรมละ 10 นาที โดยก่อนสอบผู้ดำเนินการสอบต้องกระตุ้นให้เด็กเห็นความสำคัญและเกิดแรงจูงใจในการทำข้อสอบ วิธีการทดสอบทำได้ทั้งที่เป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม

ในการให้คะแนนมีเกณฑ์ให้คะแนนด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ

การให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance มีการให้คะแนนแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) และด้านความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

สำนักทดสอบทางการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2555) กำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพความคิดขั้นสูง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประเภทความคิดสร้างสรรค์ โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ คิดอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การประยุกต์สร้างสิ่งใหม่ในทางบวกเกี่ยวกับตนเองและสังคม อย่างเหมาะสม กำหนดระดับผลการประเมินไว้ ดังนี้

ดีเยี่ยม (3) คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดริเริ่มแปลกใหม่ คิดประยุกต์สร้างสิ่งใหม่เกี่ยวกับตนเองและสังคม

ดี (2) คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดริเริ่มแปลกใหม่ คิดประยุกต์สร้างสิ่งใหม่เกี่ยวกับตนเองหรือสังคม

พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1) คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดในทางบวก และประยุกต์สร้างสิ่งใหม่ได้

ปรับปรุง (0) คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดในทางบวก และประยุกต์สร้างสิ่งใหม่ไม่ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2-5 เกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. ความคิดริเริ่ม	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการผสมผสานและดัดแปลงจากความคิดเดิม	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่มีความคิดแปลกใหม่
2. ความคิดคล่อง	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เพียง 1 วิธี ในเวลาที่กำหนด	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ในเวลากำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้แต่ยังไม่เหมาะสมกับงาน	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้
4. ความคิดละเอียดลออ	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วนและมีรายละเอียดที่สมบูรณ์	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดแต่ขาดความชัดเจน	ไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด

จากการศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ ของ นิธิพัฒน์ เมฆขจร (2547), สำนักทดสอบทางการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2555), สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ที่วัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และสรุปวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว 3) ความคิดยืดหยุ่น 4) ความคิดละเอียดลออ โดยมีเกณฑ์การประเมินในแต่ละส่วนออกเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก(3) ดี(2) พอใช้(2) และปรับปรุง(0) แสดงดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้วิจัย

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. ความคิดริเริ่ม	แสดงคำตอบหรือแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่แตกต่างจากผู้อื่น แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหา	นำแนวคิดแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ มาปรับปรุงพัฒนาให้อยู่ในคำตอบหรือแนวคิดของตนเอง และสามารถใช้คิดแก้ปัญหาได้	มีสิ่งบ่งชี้บางอย่างให้เห็นคำตอบหรือแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่แต่ยังไม่ชัดเจน	ไม่แสดงคำตอบหรือไม่แสดงแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่
2. ความคิดคล่องแคล่ว	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 70 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 60-69 ในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 50-59 ในเวลาที่กำหนด	ไม่แสดงคำตอบหรือตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
3. ความคิดยืดหยุ่น	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 แนวคิด	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวคิด	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้ 1 แนวคิด	ไม่มีการแสดงคำตอบหรือไม่แสดงแนวคิดที่ถูกต้อง
4. ความคิดละเอียดลออ	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียดชัดเจนและมีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาได้สมบูรณ์	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียดชัดเจนแต่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาไม่สมบูรณ์หรือไม่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหา หรือแสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้ไม่ละเอียดชัดเจนแต่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาได้สมบูรณ์	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้ไม่ละเอียดชัดเจนและมีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาไม่สมบูรณ์หรือไม่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหา	ไม่มีการแสดงคำตอบหรือไม่อธิบายแนวคิด

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลอง เป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษจากคำว่า Model โดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2561) ได้บัญญัติคำในภาษาไทยโดยใช้คำว่า แบบจำลอง ตัวแบบ ต้นแบบ แบบแผน ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการนำไปใช้ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ ดังนี้

Nersesian (1990) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า เริ่มต้นจากนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางความคิดที่แสดงตัวแทนของระบบทางกายภาพ โดยการสร้างแบบจำลองทางความคิด จะเกิดขึ้นเมื่อต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบ และเพื่อทำให้เกิดทฤษฎีใหม่

Good (1992) ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง แบบจำลองหรือสิ่งที่มีรูปทรงสามมิติ และสิ่งแสดงกระบวนการ

Hestenes (1996) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างในระบบทางกายภาพหรือคุณสมบัติของระบบทางกายภาพ

Harrison & Treagust (2000) ได้ให้ความหมายว่า แบบจำลอง คือ การใช้รูปร่าง และแบบแผนที่เหมือนจริง แสดงลักษณะของระบบ ซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความชัดเจน และมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ เพื่อให้เกิดคำอธิบาย หรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ

Frigg & Hartmann (2006) ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง สื่อที่เป็นวัสดุ (physical objects) วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น โครงสร้างของทฤษฎี ภาพร่าง สมดุลสมการ หรือการผสมผสานกัน

Gilbert (2005) ให้ความหมายว่า แบบจำลองหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เป็นวัตถุ หรือความคิด ในทางวิทยาศาสตร์แบบจำลองเป็นผลของสิ่งของที่แสดงออก ที่อธิบายปรากฏการณ์ หรือความคิดที่มากกว่านั้น เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอม แบบจำลองแสดงการโคจรของดาวเคราะห์ไปรอบดวงอาทิตย์

Schwarz (2009) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือสำหรับรวบรวมหรือแสดงลักษณะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลเชิงประจักษ์ในรูปแบบที่สามารถใช้เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายวัตถุหรือปรากฏการณ์

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนสะท้อนความคิดที่แสดงออกมาให้เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนมากขึ้น เพื่อใช้ในการอธิบายความคิด หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ และแสดงออกมาในรูปแบบสัญลักษณ์ ภาพวาด 2 มิติ แบบจำลอง 3 มิติ

ประเภทของแบบจำลอง

Gilbert et al. (2000) ได้แบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองของวัตถุ 3 มิติ เป็นตัวแทนในการอธิบาย

2. แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการอธิบาย บรรยาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ

4. แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or Diagrammatic model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ

5. แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ

Frigg & Hartmann (2006) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองวัตถุ (Physical object) เป็นแบบจำลองที่เป็นวัสดุ เช่น แบบจำลองเรือ แบบจำลอง DNA ของวัตสันและคริกส์ แบบจำลองอวัยวะภายในต่าง ๆ

2. แบบจำลองประดิษฐ์ (Fictional objects) เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นหน้าที่การทำงาน เน้นให้เห็นลักษณะกลไกการทำงานของแบบจำลอง

3. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (Set-theoretic structures) เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4. แบบจำลองพรรณนา (Descriptions) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอรายละเอียดความสัมพันธ์ภายในระบบ เป็นการอธิบายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่าประกอบด้วยการโคจรเป็นรูปวงรีของดาวเคราะห์ไปรอบดวงอาทิตย์

5. แบบจำลองสมการ (Equations) เป็นสมการในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Gilbert (2005) กล่าวว่า แบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 8 ประเภท โดยใช้ลักษณะของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (mental model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific models) หรือแบบจำลองแนวคิด (conceptual model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถแสดงออกมาได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการ

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical models) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ในอดีต เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น

4. แบบจำลองที่แสดงออก (expressed models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น เช่น ภาพวาดอะตอม

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของผู้เรียนในชั้นเรียน

6. แบบจำลองหลักสูตร (curricular models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

7. แบบจำลองการสอน (teaching models) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การอุปมา อุปมัย

8. แบบจำลองผสม (hybrid models) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าแบบจำลองนั้นมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก อย่างไรก็ตามการใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความเป็นจริง และช่วยนำเสนอ อธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) ดังนั้นในการนำเอาแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงลักษณะประเภทของแบบจำลอง และข้อจำกัดที่สำคัญของแบบจำลองด้วย ซึ่งแบบจำลองของผู้วิจัยจะเป็นลักษณะแบบจำลองผสม ระหว่าง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้เป็นตัวแทนความคิดในเชิง

วิทยาศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลองการสอน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้ถูกต้องสมบูรณ์ขึ้น

ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

Gilbert & Ireton (2003) ได้เสนอถึงลักษณะที่สำคัญและข้อจำกัดของแบบจำลองไว้ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่า “ไม่เป็นของจริง” ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่าเป็นของปลอม

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) แบบจำลองจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) แบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด
การสร้างแบบจำลองจะสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ประการหลักคือ 1) เชื่อว่าการสร้างแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองทางการแสดงออกในการนำเสนอต่อสาธารณชนเป็นจุดสำคัญ เพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์หรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ 2) การใช้แบบจำลองในการแสดงออกเพื่อการผลิตและการทดสอบ การทดลองเป็นสาระสำคัญของความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบจำลองประวัติศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตหลักของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1993)

ดังนั้นการนำเอาแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ อาจผสมผสานลักษณะของแบบจำลองหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ ง่ายต่อการอธิบายปรากฏการณ์และเกิดประโยชน์สูงที่สุด

ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ระบุข้อมูลโดยที่เกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Hung & Lin (2009) ได้กล่าวว่า ความสามาถในการสร้างแบบจำลองนั้นแบ่งตามลำดับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย 5 ลักษณะ รายละเอียดดังนี้

1. การเลือกแบบจำลอง (Model selection) โดยจะพิจารณาส่วนประกอบของแบบจำลองและความเหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลอง

2. การสร้างแบบจำลอง (Model construction) โดยจะคำนึงถึงความประสานกันระหว่างตัวแปร มโนทัศน์ และกฎ

3. การพิสูจน์ความถูกต้องแบบจำลอง (Model validation) โดยจะคำนึงถึงความสอดคล้องความถูกต้องของแบบจำลอง

4. การวิเคราะห์แบบจำลอง (Model analysis) โดยจะคำนึงประเด็นทางคณิตศาสตร์ที่เกิดการให้ผลที่สอดคล้องกันและตรงกัน

5. การนำแบบจำลองไปใช้ (Model application) โดยจะระบุแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้ และระบุข้อจำกัดของการใช้แบบจำลอง

Schwarz et al. (2009) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นการนำความรู้มาสร้างแบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการสร้างแบบจำลอง รายละเอียดดังนี้

1.1 สร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี เพื่อที่จะสามารถยกตัวอย่างในการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

1.2 ใช้แบบจำลองเพื่อใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบายและทำการทำนายปรากฏการณ์

1.3 เปรียบเทียบและประเมินความสามารถของการสร้างแบบจำลองที่ต่างกันเพื่อสามารถอธิบาย และแสดงแบบแผนของปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้องและสามารถทำนายปรากฏการณ์ใหม่

1.4 ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อที่จะเพิ่มความสามารถของการทำนายและการอธิบายซึ่งพิจารณาหลักฐานหรือลักษณะของปรากฏการณ์ที่เพิ่มเติมขึ้น

2. ความรู้ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยความเข้าใจในวัตถุประสงค์ ธรรมชาติของแบบจำลอง เกณฑ์ของการประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

2.1.1 แบบจำลองเป็นเครื่องมือของการสร้างความเข้าใจเพื่อที่จะสามารถสร้างความรู้

2.1.2 แบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อใช้ในการถ่ายทอดความเข้าใจและความรู้

2.1.3 แบบจำลองสามารถใช้เพื่อพัฒนาความเข้าใจใหม่ ๆ หรือการทำนายลักษณะใหม่ ๆ ของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2.1.4 แบบจำลองถูกใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง

2.2.1 แบบจำลองสามารถแทนสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นและไม่สามารถเข้าถึง

2.2.2 แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถให้ประโยชน์ที่แตกต่าง

2.2.3 แบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.4 แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อสามารถสะท้อนในการเกิดความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.5 แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพสองมิติ วัสดุสามมิติ สถานการณ์จำลอง ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น

2.3 เกณฑ์การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

2.3.1 แบบจำลองจำเป็นต้องยึดอยู่บนหลักฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.3.2 แบบจำลองจำเป็นต้องรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์และสรุปความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่มี สร้างเป็นแบบจำลองตามความเข้าใจ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจะเป็นตัวแทนของความคิดของตนเองเพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งถูกนำเสนอออกมาได้ในหลายรูปแบบ เช่น สูตรและสัญลักษณ์ทางเคมี แบบจำลองทางความคิด ภาพวาดโครงสร้างแบบ 2 มิติ มาสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ และสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาเสนอกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

Schwarz & White (2005, p. 182) ได้กำหนดองค์ประกอบที่สำคัญประเภทของความรู้ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Types of Modeling Knowledge) ไว้ 4 ประเภท ดังนี้

1. ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Modeling) ประกอบด้วย

1.1 ประเภทและลักษณะของแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าแบบจำลองคืออะไร

1.2 สาระใจความสำคัญของแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าแบบจำลองใช้เป็นตัวแทนของอะไร

1.3 ความหลากหลายของแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าแบบจำลองที่ต่างกันสามารถใช้เพื่อแสดงในปรากฏการณ์เดียวกันได้

1.4 ธรรมชาติของการสร้างแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่แท้จริงได้สมบูรณ์หรือไม่

2. ธรรมชาติหรือกระบวนการของการสร้างแบบจำลอง (Nature or process of Modeling) ประกอบด้วย

2.1 กระบวนการสร้างแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าอะไรเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

2.2 การออกแบบและการสร้างสรรค์แบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าสร้างแบบจำลองขึ้นมาได้อย่างไร

2.3 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่านักวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแบบจำลองได้หรือไม่

3. การประเมินของแบบจำลอง (Evaluation of Models) ประกอบด้วย

3.1 การประเมินแบบจำลอง คือ การแนวทางในการตัดสินแบบจำลองว่าแบบจำลองดังกล่าวดีกว่าแบบจำลองอื่นอย่างไร

3.2 เกณฑ์ของแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าจะใช้เกณฑ์ใดในการประเมินแบบจำลอง

4. วัตถุประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (Purpose or Utility of Models) ประกอบด้วย

4.1 วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ การบอกได้ว่าสร้างแบบจำลองเพื่ออะไร

4.2 ประโยชน์ของแบบจำลองในวิทยาศาสตร์และห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คือ การบอกได้ว่าแบบจำลองเกิดประโยชน์ต่อนักวิทยาศาสตร์หรือนักเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

4.3 ประโยชน์ของแบบจำลองที่หลากหลาย คือ การบอกได้ว่าการมีแบบจำลองที่หลากหลายของปรากฏการณ์หรือวัตถุเดียวกันมีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร

Chang (2008) ได้เสนอความสามารถในการสร้างแบบจำลองจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความเข้าใจแบบจำลองว่ามีความสัมพันธ์ รูปแบบ และความแตกต่างซึ่งเกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2. การเรียนรู้และสร้างแบบจำลองผ่านการเป็นตัวแทนของบุคคล กระบวนการพัฒนาความรู้และบริบทที่เฉพาะเจาะจงเพื่อนำเสนอปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

3. การนำแบบจำลองไปใช้แก้ปัญหา ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เชื่อมโยงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

Cotterman (2009, p.5) ได้กำหนดองค์ประกอบสำคัญลักษณะของความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลอง (Aspects of Meta-Modeling Knowledge) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองเป็นการแสดงที่ทำให้เข้าใจระบบหรือปรากฏการณ์ได้ง่ายขึ้น

2. แบบจำลองทางความคิดแต่ละแบบสามารถแสดงถึงระบบหรือปรากฏการณ์ได้ต่างกัน

3. แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันได้

4. แบบจำลองไม่ได้รวมทุกอย่างไว้ได้ภายในแบบจำลองเดียว

5. แบบจำลองมีข้อจำกัด

6. แบบจำลองที่ต่างกันอาจใช้เกณฑ์ประเมินที่ต่างกัน

7. แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงเมื่อได้ข้อค้นพบใหม่

8. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคิด และนำไปสู่ความรู้ใหม่ โดยการช่วยอธิบายและทำนาย

9. แบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการสื่อสาร ซึ่งสามารถใช้เพื่อแบ่งปันและรวมพลังกันเพื่อพัฒนาแนวคิด

Hung & Lin (2009 อ้างถึงใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554) ได้กำหนดองค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองตามลำดับขั้นของการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 5 ลักษณะ รายละเอียดดังนี้

1. การเลือกแบบจำลอง (Model Selection) โดยพิจารณาส่วนประกอบของระบบ ประเภทการอ้างอิง และความเหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลอง

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction) โดยคำนึงถึงความประสานกัน ตัวแปร มโนทัศน์ และกฎ

3. การพิสูจน์ความถูกต้องแบบจำลอง (Model validation) โดยคำนึงถึงความสอดคล้อง ความสมบูรณ์ความคงเส้นคงวาทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลอง

4. การวิเคราะห์แบบจำลอง (Model Analysis) โดยคำนึงถึงประเด็นทางคณิตศาสตร์ การให้ผลที่สอดคล้องกันและตรงกัน

5. การนำแบบจำลองไปใช้ (Model application) โดยสามารถระบุข้อจำกัด ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้ ขอบเขตของแบบจำลอง แนวทางแก้ไข

จากการศึกษาองค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนำมาสรุปแล้ว ในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญ คือ

1. แบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคลเป็นการแสดงที่ทำให้เข้าใจระบบหรือปรากฏการณ์ได้ง่ายขึ้น สามารถแสดงถึงระบบหรือปรากฏการณ์ได้แตกต่างกัน

2. การสร้างแบบจำลองที่ต่างกันอาจใช้เกณฑ์ประเมินที่ต่างกัน โดยคำนึงถึงโดยคำนึงถึงความสอดคล้อง ความสมบูรณ์แบบจำลอง

3. การนำแบบจำลองไปใช้แก้ปัญหา ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เชื่อมโยงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิด โดยสามารถระบุข้อจำกัด ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้ ขอบเขตของแบบจำลอง และแนวทางแก้ไข

จากการศึกษาแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ วิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกันมีรายละเอียดดังนี้

Chang (2008) ได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างแบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำถามเป็นสถานการณ์ แล้วให้ตอบคำถามเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นการสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ 2) ส่วนที่เป็นการอธิบายแบบจำลอง ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

สถานการณ์ :

จากปัญหาที่เกิดจากภาวะโลกร้อน นักวิจัยหลายคนได้เริ่มสำรวจตรวจสอบโรงงานที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผลที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เรารู้ดีว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนั้น เกิดจากแก๊สเรือนกระจก ข้อมูลที่แสดงในตารางคือปริมาณของโรงงาน และแก๊สที่ผลิตขึ้น

ปริมาณโรงงาน	แก๊สชนิดต่าง ๆ				
	แก๊ส A	แก๊ส B	แก๊ส C	แก๊ส D	แก๊สอื่น ๆ
มาก	45%	10%	35%	5%	5%
ปานกลาง	35%	10%	30%	5%	20%
น้อย	25%	10%	25%	5%	35%

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 สร้างแบบจำลองสองมิติ :

จงวาดแผนภูมิ (เส้น แท่ง วงกลม) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโรงงาน (มาก ปานกลาง น้อย) และแก๊สทั้ง 4 ชนิด

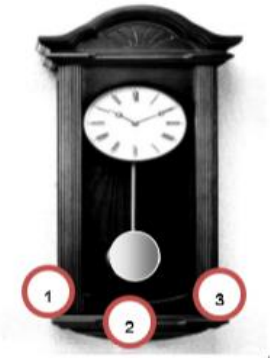
ส่วนที่ 2 อธิบายแบบจำลอง :

จากแผนผังที่วาดในข้อที่ 1 จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโรงงานและแก๊สทั้ง 4 ชนิด

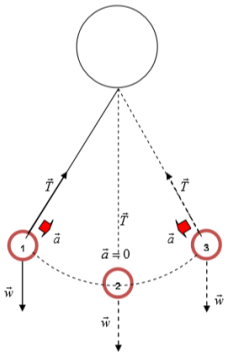
โกเมศ นาแจ้ง (2554) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างภาพวาด แผนการทดลอง ตาราง แผนภูมิแท่ง กราฟ สมการ หรือเขียนข้อความที่แสดงความรู้ ความคิด และความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งใช้ในการตั้งสมมติฐาน อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ทางกายภาพ และได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการสร้างแบบวัดที่กำหนดขึ้นและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และแบบวัดเป็นแบบอัตนัยที่มีคำตอบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่สร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ หรือการวาดแผนภาพการทดลอง และแผนภูมิแสดงข้อมูล 2) ส่วนที่เป็นการอธิบายด้วยข้อความมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

นาฬิกาลูกตุ้ม (Pendulum) ถูกประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1656 โดยคริสเตียน ฮอยเก็นส์ (Christian Huygens) นักวิทยาศาสตร์ชาวเนเธอร์แลนด์ มีหลักการทำงาน คือ อาศัยการแกว่งของลูกตุ้ม ซึ่งกำหนดช่วงเวลาได้โดยการปรับความยาวของสายลูกตุ้ม

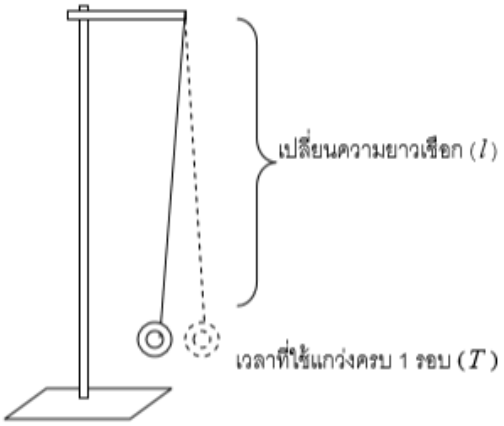


3.1 จากข้อมูลและภาพที่กำหนดข้างต้น จงวาดแผนภาพที่อธิบายการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาในขณะที่อยู่ในตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 โดยระบุแนวการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาและสาเหตุที่ทำให้ลูกตุ้มนาฬิกาแกว่งไปตามแนวดังกล่าว



3.2 ถ้าทำการทดลองเพื่อต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเส้นเชือกกับเวลาในการแกว่ง นักเรียนจะต้องวางแผนดำเนินการทดลองเพื่อเป็นตัวแทนในการสร้างนาฬิกาลูกตุ้มอย่างไร พร้อมระบุแผนภาพลักษณะการทดลอง โดยกำหนดอุปกรณ์การทดลองให้ดังนี้ 1) นอตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว 2) เชือกยาวประมาณ 1 เมตร จำนวน 1 เส้น 3) ขาตั้งหลอดทดลอง 4) นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน

แผนภาพแสดงการทดลอง



ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

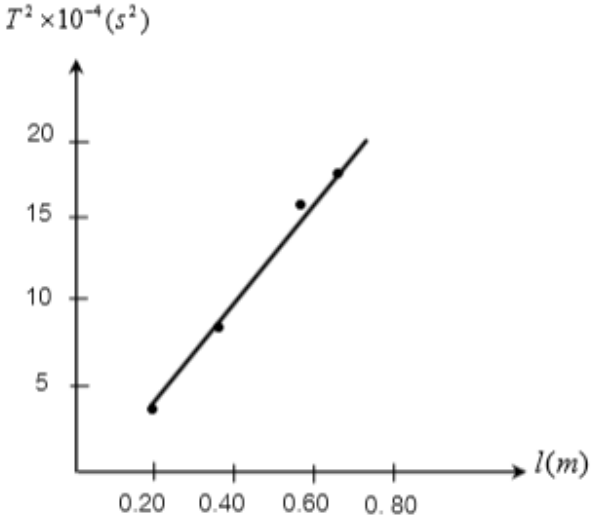
1. ผูกเชือกกับนอตและเชือกอีกปลายข้างหนึ่งผูกไว้กับขาตั้ง แล้วให้นอตห้อยอยู่ในแนวดิ่ง
2. แกว่งนอตและจับเวลาการแกว่งเมื่อนอตแกว่งครบ 30 รอบเพื่อหาคาบ โดยเปลี่ยนความยาวของเส้นเชือกที่ต่างกัน
3. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเส้นเชือกที่ใช้ในการแกว่งกับคาบกำลังสอง

3.3 จากการทดลองข้างต้น สามารถรวบรวมข้อมูลได้ดังตาราง กราฟที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเส้นเชือกกับคาบกำลังสองมีลักษณะเป็นอย่างไร จงเขียนกราฟเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเส้นเชือกที่ใช้ในการแกว่งกับคาบกำลังสอง

ตารางแสดง ความยาวของเส้นเชือกกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กำลังสอง

ความยาวเส้นเชือก (m)	**คาบกำลังสอง x 10^{-4} (s^2)**
0.20	4
0.40	9
0.60	16
0.70	18

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวของเส้นเชือกที่ใช้ในการแกว่งกับคาบกำลังสอง



3.4 สมการความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นเชือกกับคาบกำลังสองได้ เป็นอย่างไร

❶ $y = ax + c$ ❷ $y = x^2 + x$ ❸ $y^2 = ax$ ❹ $y = -ax^2 + bx$

ความสัมพันธ์ คือ $y = ax + c$	y แทนด้วย T^2
	x แทนด้วย l
ฉะนั้น สมการทางคณิตศาสตร์เมื่อแทนด้วยตัวแปรทางฟิสิกส์ คือ $T^2 = al$ เมื่อ a เป็นค่าคงตัว	

3.5 จงเขียนอธิบายสรุปเป็นแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนาฬิกา

สาเหตุที่ทำให้ลูกตุ้มนาฬิกาแกว่งกลับไปกลับมาได้ เนื่องจากแรงดึงกลับที่เป็นแรงลัพธ์ระหว่างแรงดึงในเส้นเชือกและน้ำหนักที่กระทำต่อลูกตุ้มในทิศเข้าสู่แนวสมดุล ส่งผลให้ลูกตุ้มของนาฬิกามีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม ผ่านตำแหน่งสมดุลที่เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

BURAPHA UNIVERSITY

สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของ โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ควรปรับปรุง(1)	พอใช้(2)	ดี(3)
1. ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	วาดภาพ/แผนผังที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	วาดภาพ/แผนผังที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	วาดภาพ/แผนผังที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน
3. การแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

ตารางที่ 2-8 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ควรปรับปรุง(1)	พอใช้(2)	ดี(3)
1. การเขียนภาพวาดแสดงขั้นตอนการทดลอง	ภาพวาดแสดงขั้นตอนการทดลอง ไม่ชัดเจน และระบุตัวแปรที่ศึกษาไม่ถูกต้อง	ภาพวาดแสดงขั้นตอนการทดลอง หรือระบุตัวแปรที่ศึกษาไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจนเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	ภาพวาดแสดงขั้นตอนการทดลองพร้อมระบุตัวแปรที่ศึกษาได้ถูกต้องและชัดเจน
2. การกำหนดแผนการทดลอง	เขียนวิธีทำการทดลองไม่เป็นลำดับขั้นตอน ไม่ระบุอุปกรณ์ และไม่สามารถปฏิบัติได้	เขียนวิธีทำการ ทดลองเป็นลำดับขั้นตอน โดยระบุอุปกรณ์ และตัวแปร ที่ศึกษาอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ถูกต้องและปฏิบัติได้	เขียนวิธีทำการ ทดลองเป็นลำดับขั้นตอน โดยระบุอุปกรณ์ และตัวแปรที่ศึกษาได้อย่างถูกต้องและปฏิบัติได้
3. ความสอดคล้องระหว่างภาพขั้นตอนการทดลองและปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แผนภาพประกอบการทดลองและลำดับขั้นตอนการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แผนภาพประกอบการทดลองหรือลำดับขั้นตอนการทดลองมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	แผนภาพประกอบการทดลองและลำดับขั้นตอนการทดลองมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ควรปรับปรุง(1)	พอใช้(2)	ดี(3)
1. การแสดงชื่อกราฟ ค่าตัวแปร และการระบุหน่วย	ไม่เขียนชื่อกราฟ แสดงค่าของตัวแปรอิสระบนแกน Y และแสดงค่าของตัวแปรตามบนแกน X ไม่ถูกต้องและไม่ระบุหน่วยของตัวแปรหรือระบุไม่ถูกต้อง	เขียนชื่อกราฟ โดยระบุตัวแปรครบถ้วน แสดงค่าของตัวแปรอิสระบนแกน X และแสดงค่าของตัวแปรตามบนแกน Y ถูกต้อง แต่ไม่ระบุหน่วยของตัวแปรหรือระบุหน่วยไม่ถูกต้อง	เขียนชื่อกราฟโดยระบุตัวแปรครบถ้วนและถูกต้อง แสดงค่าของตัวแปรอิสระบนแกน X และแสดงค่าของตัวแปรตามบนแกน Y และระบุหน่วยของตัวแปรได้ถูกต้อง
2. ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	กำหนดจุดที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้องในปรากฏการณ์ที่ศึกษา	กำหนดจุดที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรคลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา	กำหนดจุดที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้สอดคล้องและถูกต้องตามปรากฏการณ์ที่ศึกษา
3. การแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ที่ศึกษาไม่ถูกต้อง	เขียนกราฟความสัมพันธ์คลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้สอดคล้องและถูกต้อง

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ควรปรับปรุง(1)	พอใช้(2)	ดี(3)
1. ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เลือกสมการทางคณิตศาสตร์ ตัวแปร และค่าคงที่ไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เลือกสมการทางคณิตศาสตร์ ตัวแปร หรือค่าคงที่ได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	เลือกสมการทางคณิตศาสตร์ ตัวแปร และค่าคงที่ได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ความสอดคล้องระหว่างสมการทางคณิตศาสตร์และกราฟ	เลือกใช้สมการทางคณิตศาสตร์ไม่สอดคล้องกับกราฟและไม่ถูกต้อง	เลือกใช้สมการทางคณิตศาสตร์ได้สอดคล้องกับกราฟแต่ไม่ถูกต้อง	เลือกใช้สมการทางคณิตศาสตร์ได้สอดคล้องกับกราฟและถูกต้อง
3. การระบุสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	ระบุสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในตัวแปรทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	ระบุสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วนแต่ไม่ถูกต้อง	ระบุสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วนและถูกต้อง

ตารางที่ 2-11 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์

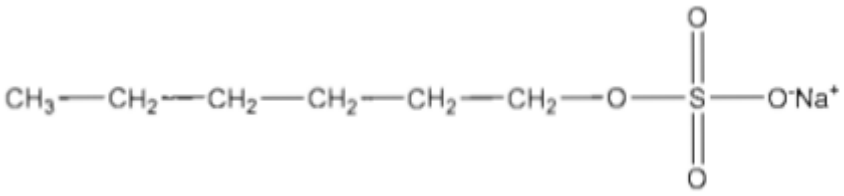
รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ควรปรับปรุง(1)	พอใช้(2)	ดี(3)
1. ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายโดยระบุการเปลี่ยนแปลงในวัตถุ สถานการณ์ หรือกระบวนการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายโดยระบุการเปลี่ยนแปลงในวัตถุ สถานการณ์ หรือกระบวนการได้คลาดเคลื่อนจากวัตถุประสงค์หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่สอดคล้องกับข้อมูล	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้สอดคล้องกับข้อมูล	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้สอดคล้องกับข้อมูลและถูกต้อง
3. การเขียนแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายไม่ถูกต้องและระบุมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง	เขียนอธิบายโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนอธิบายโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ได้ถูกต้องและครบถ้วน และระบุมโนทัศน์ได้ถูกต้อง

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการสร้างแบบวัดลักษณะที่สร้างจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และตอบคำถามแบบวัด แบบอัตนัย โดยจะมีคำตอบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่สร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ 2) ส่วนที่เป็นการอธิบายด้วยข้อความหรือโครงสร้างเคมี ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

2. ครูแนนเป็นครูสอนวิชาเคมี เขาต้องการสอนให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการใช้ผงซักฟอกทำความสะอาดไขมันด้วยการอธิบายโดยใช้แบบจำลองภาพวาด ดังนั้น นักเรียนคิดว่าครูแนนควรวาดภาพแบบจำลองเป็นลักษณะใดเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจได้ดีที่สุด

กำหนดโครงสร้างของผงซักฟอก ดังนี้



เขียนสัญลักษณ์แทนโครงสร้างของผงซักฟอก

แบบจำลองแสดงกลไกการใช้ผงซักฟอกทำความสะอาดไขมัน

สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของ อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-12 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดีมาก(3)	ดี(2)	พอใช้(1)
1. ความถูกต้องของมโนทัศน์	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
2. อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน

ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การใช้ความรู้หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยดำเนินตามขั้นตอนของการเรียนรู้ และได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) กระบวนการสร้างแบบจำลอง 2) ชิ้นงานแบบจำลอง ซึ่งมีการกำนดเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-13 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
1. การวิเคราะห์ปัญหา	แยกองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองออกเป็นปัญหาย่อย ได้แก่ ความรู้ที่ต้องไปศึกษา วิธีการสร้าง วัสดุที่ใช้ งบประมาณ ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารให้เข้าใจง่าย	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองไม่เกิน 1 ปัญหา ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารเข้าใจง่าย	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองไม่เกิน 2 ปัญหา ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารเข้าใจ	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองเกิน 2 ปัญหา ใช้ภาษาไม่ชัดเจน สื่อสารเข้าใจยาก
2. การกำหนดวัตถุประสงค์	ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา และสอดคล้องกับปัญหาของการสร้างแบบจำลอง	ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษาเป็นส่วนใหญ่ และสอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง	ไม่ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา แต่สอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง	ไม่ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา และไม่สอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
3. การตั้งสมมติฐาน	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงานโดยมีทฤษฎีหรือแนวคิดมาสนับสนุนอย่างชัดเจน	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงานแต่ยังไม่ชัดเจน	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาแต่ไม่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงาน	สมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหาและไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงาน
4. การรวบรวมข้อมูล 4.1 การออกแบบการสำรวจ	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือทั้งหมด	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากกว่า 2 แหล่ง	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลองบ้าง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือเกิน 2 แหล่ง	ไม่สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ไม่ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือทั้งหมด

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
4.2 การปฏิบัติการสำรวจ	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองโครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะอย่างละเอียด ถูกต้องและครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนดให้	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองโครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะยังไม่ละเอียด แต่ถูกต้อง และครบถ้วน	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองโครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะ ไม่ละเอียด ไม่ถูกต้อง ครบถ้วนเพียงบางส่วน	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองโครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะ ไม่ละเอียด ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงถูกตามหลักการเขียนบรรณานุกรมทั้งหมด	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมไม่เกิน 2 แห่ง	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมเกิน 2 แห่ง	คัดเลือกข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมทั้งหมด

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
5. การออกแบบการสร้างแบบจำลอง	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักในการสร้างแบบจำลองที่กำหนด อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นบางส่วน อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นบางส่วน อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยไม่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นส่วนใหญ่ อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยไม่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
6. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง	ระบุวิธีการสร้างตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสมตามลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ แต่เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์บางอย่างไม่เหมาะสมตามลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์บางอย่างไม่เหมาะสมกับลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับลักษณะของงาน

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
7. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ร้อยละ 80-100	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ร้อยละ 60-70	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจบางส่วน เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ต่ำกว่าร้อยละ 60	ไม่ได้ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลอง
8. การวิเคราะห์แบบจำลอง	อธิบายผลการสร้างแบบจำลองระบุข้อบกพร่องและสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลอง	อธิบายผลการสร้างแบบจำลองระบุข้อบกพร่องแต่ไม่สามารถระบุสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองได้	อธิบายผลการสร้างแบบจำลองแต่ไม่สามารถระบุข้อบกพร่อง และสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองได้	ไม่สามารถอธิบายผลการสร้างแบบจำลองระบุข้อบกพร่องและสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
9. การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน 9.1 การจัดแสดงผลงาน	จัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ของงาน ที่ต้องการให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในการสร้างแบบจำลอง อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	จัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานบางส่วนยังไม่ชัดเจน แต่ยังสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	จัดแสดงผลงานไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ และอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ชัดเจน แต่ยังสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	ไม่สามารถจัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ และไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้
9.2 การสรุปผลการเรียนรู้	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามแบบจำลองที่จัดแสดงในส่วนที่เป็นสาระสำคัญอย่างครบถ้วน ชัดเจน คือ ลักษณะโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลอง และกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลอง	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามข้อมูลที่จัดแสดง แต่การอธิบายโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลองหรือกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลองยังไม่ชัดเจน	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามข้อมูลที่จัดแสดงไว้ แต่ยังขาดการอธิบายโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลองหรือกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลองยังไม่ชัดเจน	ไม่มีการสรุปผลการเรียนรู้ในแบบจำลองที่นำเสนอ

ตารางที่ 2-14 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3 (ดีมาก)	2 (ดี)	1 (พอใช้)
1. สาระของแบบจำลอง 1.1 แสดงโครงสร้างของปอด	มีโครงสร้างของปอดครบถ้วน คือ เยื่อหุ้มปอด ท่อถุงลม ถุงลม เส้นเลือดฝอย รวมทั้งส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ หลอดลมคอ หลอดลมขั้วปอด และหลอดลมฝอย	ขาดโครงสร้างของปอดและส่วนประกอบอื่น ๆ ไม่เกิน 1 โครงสร้าง	ขาดโครงสร้างของปอดและส่วนประกอบอื่น ๆ มากกว่า 1 โครงสร้าง
1.2 แสดงกระบวนการทำงานของปอด	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างถูกต้องและชัดเจน โดยผู้อื่นไม่ต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจ	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างถูกต้องและชัดเจนพอควร โดยผู้อื่นต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจ	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน หรืออาจแสดงกระบวนการได้ชัดเจนแต่ไม่ถูกต้อง
2. การเลือกใช้วัสดุ 2.1 ความเหมาะสมของวัสดุ	วัสดุที่ใช้เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง วัสดุหาได้ในท้องถิ่น ราคาไม่เกินงบประมาณที่กำหนดให้	วัสดุที่ใช้เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง แต่ไม่ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นและราคาเกินงบประมาณที่กำหนดให้ต่ำกว่าร้อยละ 50	วัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง ไม่ใช้วัสดุที่ได้ในท้องถิ่น และราคาเกินงบประมาณมากกว่าร้อยละ 50
2.2 ความคิดสร้างสรรค์	ทุกโครงสร้างเป็นสิ่งที่คิดขึ้นใหม่ทั้งหมด โดยไม่ซ้ำแบบกับสิ่งที่ผู้อื่นเคยสร้าง และมีความเป็นเอกลักษณ์	มีบางส่วนที่เป็นสิ่งที่คิดขึ้นใหม่ โดยมีการนำแบบที่ผู้อื่นเคยสร้างมาใช้บ้าง แต่แบบจำลองยังคงมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว	โครงสร้างส่วนใหญ่ หรือทั้งหมดเป็นสิ่งที่มีผู้อื่นเคยสร้างไว้แล้ว แบบจำลองมีลักษณะซ้ำกับผู้อื่น ไม่มีลักษณะเฉพาะตัว

ตารางที่ 2-14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3 (ดีมาก)	2 (ดี)	1 (พอใช้)
2.3 ความสวยงามประณีต	ส่วนใหญ่เห็นว่าใช้สีสันสวยงาม และเก็บรายละเอียดของงานได้ดี	สีสันสวยงาม แต่เก็บรายละเอียดของงานไม่ดี	ส่วนใหญ่เห็นว่าใช้สีสันไม่สวยงาม และเก็บรายละเอียดของงานไม่ดี
3. ความน่าสนใจ	มีความน่าดึงดูดใจชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อยอดไปยังแบบจำลองอื่น ๆ ต่อไป	มีความน่าดึงดูดใจและชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อไปอยู่บ้าง	ไม่น่าดึงดูดใจ ไม่ชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อไป
4. การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง	แบบจำลองสามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้ดียิ่งขึ้น	แบบจำลองสามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้บางส่วน	แบบจำลองไม่สามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้
5. ความคุ้มทุนในการสร้าง	ผลงานเกิดประโยชน์คุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองมีความคงทนในการนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนได้หลายครั้ง โดยแข็งแรงและทนทาน	ผลงานเกิดประโยชน์ไม่ค่อยคุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองแข็งแรง และทนทานพอควร	ผลงานเกิดประโยชน์ไม่คุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองไม่แข็งแรงทนทาน

นิโลบล หลักหาญ (2561) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างเป็นแบบจำลองตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ตามความเข้าใจ โดยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถอยู่ในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ ภาพวาดสองมิติ และสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ และสามารถอธิบายและทำการทำนายปรากฏการณ์ และได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ 2) การสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลองสามมิติ 3) การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังตาราง 2-15

ตารางที่ 2-15 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (2)	พอใช้ (1)	ควรปรับปรุง (0)
ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน หรือไม่ครบถ้วนแต่ชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน
ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลองสามมิติ	แบบจำลองแสดงโครงสร้างหรือเหตุการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วนทั้งหมด	แบบจำลองแสดงโครงสร้างหรือเหตุการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน	แบบจำลองแสดงโครงสร้างหรือเหตุการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เลย
ส่วนที่ 3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์	เขียนอธิบายเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	เขียนอธิบายเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ ไม่ครบถ้วน	เขียนอธิบายเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน

จากการศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ในการประเมินของ โกเมศ นาแจ้ง (2554), อารยา ควัฒน์กุล (2558), ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) และนิโลบล หลักหาญ (2561) ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และสรุปวิธีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการกำหนดสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลองทางความคิด 2) การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมติจาก 3D Printer 3) การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การประเมินในแต่ละส่วนออกเป็น 4 ระดับคือ ดีมาก(3) ดี(2) พอใช้(1) และปรับปรุง(0) แสดงดังตารางที่ 2-16

ตารางที่ 2-16 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ถูกต้องครบถ้วน	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการเขียนแบบจำลองทางความคิดหรือเขียนแบบจำลองแต่ไม่ได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
2. การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ถูกต้องครบถ้วน	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุ
3. การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ได้ถูกหลักการและครบถ้วน	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ได้ถูกหลักการแต่ไม่ครบถ้วน	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ไม่ถูกหลักการและไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถอธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละ 70.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70 2) นักเรียนที่เรียนโดยการใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 3.57 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก 3) นักเรียนที่เรียนโดยการใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองเท่ากับ 2.59 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎเการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ซึ่งผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ พบว่า ระยะที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ในแนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ ส่วนระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับปานกลางในทุก ๆ ด้าน

ธณัฏฐา คงทน (2557) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ ให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง รองลงมาร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยหัวข้อที่นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องมากที่สุดคือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ ไอโซเมอร์

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ซึ่งผลการวิจัย พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล สามารถลดแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) ของนักเรียนทุกประเด็นที่ศึกษา ประเด็นที่มีแนวคิดไม่ถูกต้องที่ถูกปรับลดลงมากที่สุดคือหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ แนวคิดถูกต้อง (SU) ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี มีแนวคิดถูกต้องพัฒนาขึ้นสูงที่สุด กิจกรรมการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งความคิดละเอียดลออถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

นิโลบล หลักหาญ (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรแกรมการเรียนสายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุรัสวดี ปะกิระเค (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์แยกเป็นรายด้าน ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดละเอียดลออ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดไปหาต่ำที่สุด คือ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม

งานวิจัยต่างประเทศ

Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวีดิทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ซึ่งผลพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลอง และการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่า นักเรียน มีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้

Dean (2019) ได้พัฒนาชุดตัดเลเซอร์ แบบจำลองสำหรับการสอนรูปร่างโมเลกุลสามมิติ โดยใช้ชิ้นส่วนอะคริลิคที่ตัดโดยใช้เลเซอร์ 5 สี และแต่ละชุดสามารถประกอบเข้ากับรูปทรงโมเลกุลได้แตกต่างกัน 13 รูปทรง เพื่อใช้ในปีที่ 1 ในระดับมหาวิทยาลัย พบว่า 1) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยการจำลองภาพสามมิติจากแบบจำลอง 2) ผู้เรียนมีการตอบสนองเชิงบวกต่อการใช้แบบจำลองสามมิติ 3) แบบจำลองสามมิติจากอะคริลิคมีราคาที่ไม่สูง 4) ผู้เรียนสามารถนำเอาแบบจำลองสามมิติกลับไปศึกษาต่อที่บ้านได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยสรุปพบว่า การศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นงานวิจัยประเภทกึ่งทดลอง ใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นหลัก เพื่อพัฒนามโนทัศน์ ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง จากหลายสาขาวิชา โดยมีผลจากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดจากนามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาที่เข้าใจยากได้ดีขึ้น มีการพัฒนามุมมองโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองของตนเองได้ ประกอบกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น แสดงว่าผลของงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ดีและช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยที่จะนำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนรวม 156 คน ซึ่งแต่ละห้องมีการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เพราะแต่ละห้องเรียนมีการคละความสามารถ โดยแบ่งออกเป็น

1.2.1 กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 41 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.2.2 กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 39 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Non-equivalent control group pretest-posttest design (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 143) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการวิจัยแบบ Non-equivalent control group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X	O_2
C	O_1	-	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง (Experiment group)
C	หมายถึง	กลุ่มควบคุม (Control group)
O_1	หมายถึง	มีการทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest)
O_2	หมายถึง	มีการทดสอบหลังการทดลอง (Posttest)
X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
-	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องมือแต่ละประเภท มีขั้นตอนในการสร้างและการหาคุณภาพ ดังนี้

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผลการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาวิธีการเขียนแบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และวิธีการใช้งานเครื่อง 3D-Printer จากคู่มือการใช้งาน

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ โดยกำหนดเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ เคมีอินทรีย์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง แบ่งเนื้อหาแต่ละชั่วโมง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1** พันธะของคาร์บอน - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	1. นักเรียนสามารถเขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปแบบสูตรของลิวอิสได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปแบบเส้นและมุมได้	20	3
2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2** ไอโซเมอริซึม - ไอโซเมอร์โครงสร้าง	3. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของไอโซเมอริซึมได้ 4. นักเรียนสามารถแยกประเภทของไอโซเมอริซึมได้ 5. นักเรียนสามารถเขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทได้	20	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
3. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3** หมู่ฟังก์ชัน - แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ - แอลดีไฮด์ คีโตน - กรดคาร์บอกซิลิก - เอสเทอร์ - เอมีน - เอไมด์	6. นักเรียนสามารถบอกหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทได้ 7. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้ 8. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในแต่ละหมู่ฟังก์ชันได้	20	3
4. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4** สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - แอลเคน - แอลคีน - แอลไคน์ - อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	9. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของสารอินทรีย์โดยใช้สมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ 10. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ ได้ 11. นักเรียนสามารถบอกสมบัติบางประการของแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และไซโคลแอลคีนได้	20	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
5. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5** ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - ไอโซเมอร์เรขาคณิต - การเขียนสูตรทั่วไป สูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	12. นักเรียนสามารถระบุชนิดของไอโซเมอร์เรขาคณิตของสารประกอบแอลคีนได้ ว่าเป็นแบบซิสหรือแบบทรานส์ 13. นักเรียนสามารถเขียนสูตรทั่วไป สูตรโมเลกุล และสูตรโครงสร้าง พร้อมทั้งเรียกชื่อ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และไซโคลแอลคีนได้ 14. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ ได้	20	3
รวม			100	15

1.4 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 สาระ

1.4.2 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.3 ผลการเรียนรู้

1.4.4 สาระสำคัญ

1.4.5 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.6 สาระการเรียนรู้

1.4.7 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.4.8 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.9 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด

2) ขั้นแสดงออกแบบจำลอง

3) ขั้นประเมินแบบจำลอง

4) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

5) ขั้นขยายแบบจำลอง

1.4.10 สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1.4.11 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.12 เอกสารประกอบการสอน

1.5 ดำเนินการเขียนแบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และสร้างชิ้นงานผ่านเครื่อง 3D-Printer โดยเลือกใช้พลาสติกประเภท Polylactic acid (PLA) ที่มีคุณสมบัติใช้งานง่าย มีความแข็ง ชิ้นงานออกมาสวยงาม และหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อนจากเครื่องพิมพ์ในการขึ้นรูป ซึ่งผู้วิจัยนำนวัตกรรมนี้มาใช้เพื่อผลิตสื่อการเรียนรู้สำหรับใช้ในการทดลองรายวิชาเคมี 5 เรื่อง เคมีอินทรีย์ เพื่อวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (ภาคผนวก ค หน้า 265)

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบจำลองโมเลกุลสามมิติที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138)

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมโดยประยุกต์ใช้การหาคุณภาพของข้อคำถาม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) โดยแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการวิจัยในภาพรวม 5 แผน มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.76 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด (ภาคผนวก ข, หน้า 197)

1.8 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบจำลองโมเลกุลสามมิติไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชันมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข และนำไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 41 คน โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่เป็นกลุ่มทดลองต่อไป โดยขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แสดงดังภาพที่ 3-1

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผลการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

2.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตามแนวการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนวัดทรงธรรม

2.3 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ โดยกำหนดเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ เคมีอินทรีย์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง และการทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง แบ่งเนื้อหาแต่ละชั่วโมง ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1** พันธะของคาร์บอน - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	1. นักเรียนสามารถเขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปแบบสูตรของลิวอิสได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปแบบเส้นและมุมได้	20	3
2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2** ไอโซเมอริซึม - ไอโซเมอร์โครงสร้าง	3. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของไอโซเมอริซึมได้ 4. นักเรียนสามารถแยกประเภทของไอโซเมอริซึมได้ 5. นักเรียนสามารถเขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทได้	20	3

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
3. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3** หมู่ฟังก์ชัน - แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ - แอลดีไฮด์ คีโตน - กรดคาร์บอกซิลิก - เอสเทอร์ - เอมีน - เอไมด์	6. นักเรียนสามารถบอกหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทได้ 7. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้ 8. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในแต่ละหมู่ฟังก์ชันได้	20	3
4. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4** สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - แอลเคน - แอลคีน - แอลไคน์ - อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	9. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของสารอินทรีย์โดยใช้สมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ 10. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ ได้ 11. นักเรียนสามารถบอกสมบัติบางประการของแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และไซโคลแอลคีนได้	20	3

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
5. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5** ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - ไอโซเมอร์เรขาคณิต - การเขียนสูตรทั่วไป สูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	12. นักเรียนสามารถระบุชนิดของไอโซเมอร์เรขาคณิตของสารประกอบแอลคีนได้ ว่าเป็นแบบซิสหรือแบบทรานส์ 13. นักเรียนสามารถเขียนสูตรทั่วไป สูตรโมเลกุล และสูตรโครงสร้าง พร้อมทั้งเรียกชื่อ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และไซโคลแอลคีนได้ 14. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ ได้	20	3
รวม			100	15

2.4 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

2.4.1 สาระ

2.4.2 มาตรฐานการเรียนรู้

2.4.3 ผลการเรียนรู้

2.4.4 สาระสำคัญ

2.4.5 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.4.6 สาระการเรียนรู้

2.4.7 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

2.4.8 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

2.4.9 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

4) ขั้นขยายความรู้

5) ขั้นประเมิน

2.4.10 สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

2.4.11 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.4.12 เอกสารประกอบการสอน

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138)

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมโดยประยุกต์ใช้การหาคุณภาพของข้อคำถาม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) โดยแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการวิจัยในภาพรวม 5 แผน มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.64 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด (ภาคผนวก ข, หน้า 203)

2.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ

2.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชันมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง

2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข และนำไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 39 คน โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่เป็นกลุ่มทดลองต่อไป โดยขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แสดงดังภาพที่ 3-2

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยแนวทางจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1965) ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาและปรับปรุงให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา และระดับชั้นเรียน โดยกำหนดแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นแบบอัตนัย

3.3 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่วัด	จำนวนข้อ
เคมีอินทรีย์	1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้	1. พันธะของคาร์บอน	- ความคิดคล่องแคล่ว	2(1)
	2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	2. ไอโซเมอริซึม	- ความคิดยืดหยุ่น	2(1)
	3. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	3. หมู่ฟังก์ชัน	- ความคิดละเอียดลออ	2(1)
	4. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	4. สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	- ความคิดคล่องแคล่ว - ความคิดยืดหยุ่น	2(1)
	5. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	5. ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	- ความคิดละเอียดลออ - ความคิดริเริ่ม	2(1)
รวม				10(5)

หมายเหตุ *ตัวเลขนอกวงเล็บ คือ จำนวนแบบวัดที่ออกทั้งหมด

**ตัวเลขในวงเล็บ คือ จำนวนแบบวัดที่ใช้จริง

3.4 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance (Torrance, 1965, pp.125 – 144) ซึ่งมีองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ โดยผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาและปรับปรุงเพื่อสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 10 ข้อ (ใช้จริง 5 ข้อ)

3.5 กำหนดเกณฑ์วัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินรูบริคแบบแยกส่วน (Analytic rubric) ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 รายการเกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. ความคิดริเริ่ม	แสดงคำตอบหรือแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่แตกต่างจากผู้อื่น แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหา	นำแนวคิดแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ มาปรับปรุงพัฒนาให้อยู่ในคำตอบหรือแนวคิดของตนเอง และสามารถใช้คิดแก้ปัญหาได้	มีสิ่งบ่งชี้บางอย่างให้เห็นคำตอบหรือแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่แต่ยังไม่ชัดเจน	ไม่แสดงคำตอบหรือไม่แสดงแนวคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่
2. ความคิดคล่องแคล่ว	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 70 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 60-69 ในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นร้อยละ 50-59 ในเวลาที่กำหนด	ไม่แสดงคำตอบหรือตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 แนวคิด	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวคิด	แสดงคำตอบหรือแนวคิดในการแก้ปัญหาได้ 1 แนวคิด	ไม่มีการแสดงคำตอบหรือไม่แสดงแนวคิดที่ถูกต้อง

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
4. ความคิดละเอียดลออ	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียดชัดเจนและมีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาได้สมบูรณ์	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียดชัดเจนแต่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาไม่สมบูรณ์หรือไม่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหา หรือแสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้ไม่ละเอียดชัดเจนแต่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาได้สมบูรณ์	แสดงคำตอบหรืออธิบายแนวคิดได้ไม่ละเอียดชัดเจนและมีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาไม่สมบูรณ์หรือไม่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหา	ไม่มีการแสดงคำตอบหรือไม่อธิบายแนวคิด

3.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.7 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

3.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พิจารณาเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111) และนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 (ภาคผนวก ข, หน้า 204)

3.9 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์จำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้ว โดยขอความร่วมมือให้ผู้ทดลองใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เก็บเป็นความลับ ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด ดังนี้

3.9.1 หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้วิธีการของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R. Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.73 ซึ่งเป็นความยากง่ายตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.83 แสดงถึงคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์สามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้ (ภาคผนวก ข, หน้า 206)

3.9.2 คัดเลือกแบบวัดที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จำนวน 5 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ด้วยวิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ โดยที่ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบวัดที่มีความเชื่อมั่นได้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117) ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.769 แสดงว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีความเชื่อมั่นที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ (ภาคผนวก ข, หน้า 206)

3.10 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

4. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

4.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นแบบอัตนัย

4.3 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อ
เคมีอินทรีย์	1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้น และมุมได้	1. พันธะของคาร์บอน	20	2(1)
	2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	2. ไอโซเมอริซึม	20	2(1)
	3. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	3. หมู่ฟังก์ชัน	20	2(1)

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อ
เคมีอินทรีย์	4. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	4. สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	20	2(1)
	5. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	5. ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	20	2(1)
รวม			100	10(5)

หมายเหตุ *ตัวเลขนอกวงเล็บ คือ จำนวนแบบวัดที่ออกทั้งหมด
**ตัวเลขในวงเล็บ คือ จำนวนแบบวัดที่ใช้จริง

4.4 สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ โดยดำเนินการสร้างแบบวัดแต่ละข้อ แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer

ส่วนที่ 3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละส่วนเป็น 3 ระดับคือ ดีมาก(3) ดี(2) และพอใช้ (1) ดังตาราง 3-7

ตารางที่ 3-7 รายการเกณฑ์การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ถูกต้องครบถ้วน	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแบบจำลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รวมทั้งระบุตำแหน่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการเขียนแบบจำลองทางความคิดหรือเขียนแบบจำลองแต่ไม่ได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
2. การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ถูกต้องครบถ้วน	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุในโครงสร้างได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมแต่ละธาตุ
3. การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ได้ถูกหลักการและครบถ้วน	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ได้ถูกหลักการแต่ไม่ครบถ้วน	อธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์ไม่ถูกหลักการและไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถอธิบายแบบจำลองแสดงโครงสร้างตามหลักการเขียนโครงสร้างเคมีอินทรีย์

4.5 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

4.6 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

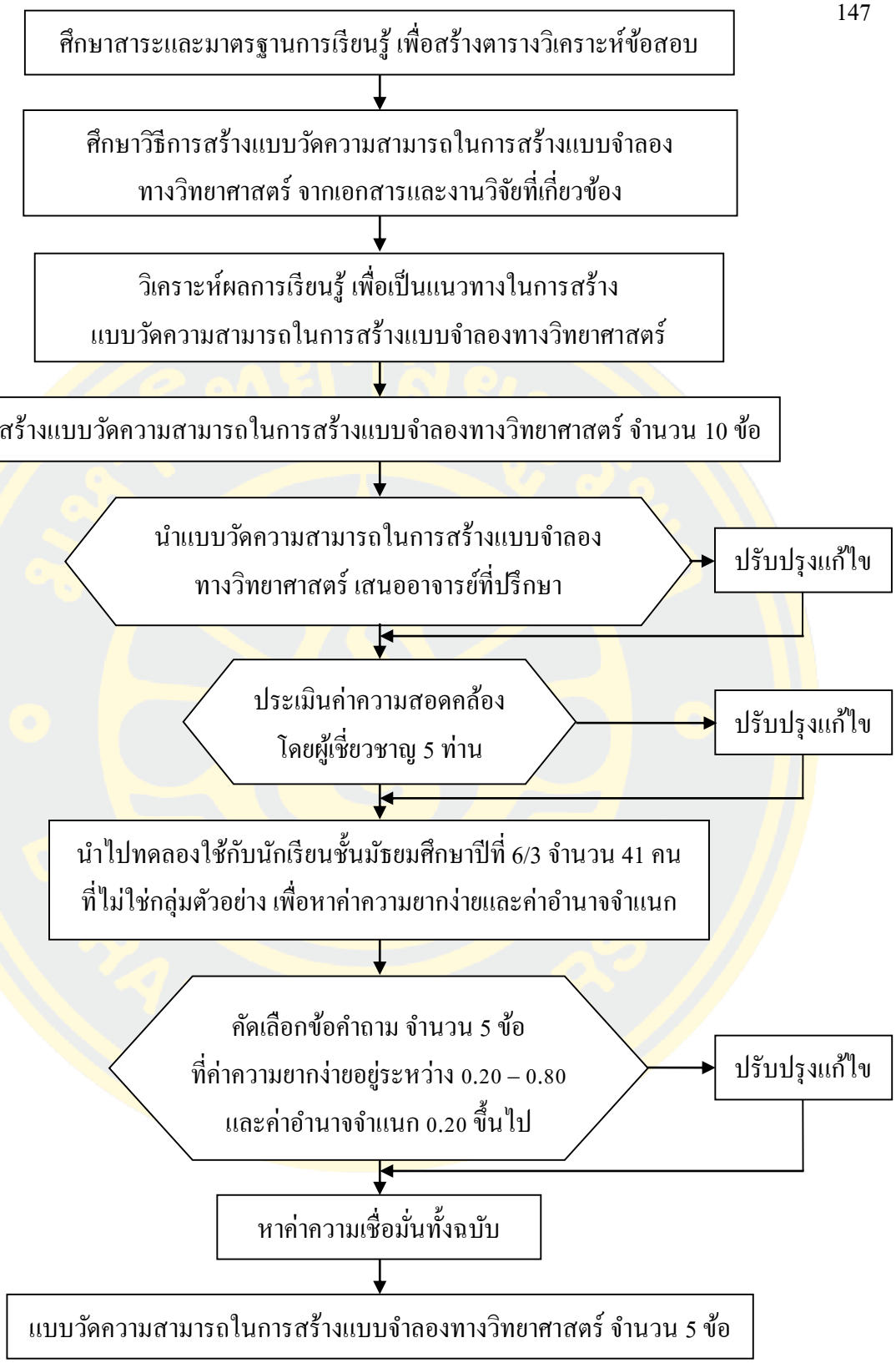
4.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พิจารณาเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111) และนำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 (ภาคผนวก ข, หน้า 205)

4.8 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้ว โดยขอความร่วมมือให้ผู้ทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เก็บเป็นความลับ ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนวัดทรงธรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด ดังนี้

4.8.1 หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R. Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) ซึ่งแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.54 – 0.66 ซึ่งเป็นความยากง่ายตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.58 – 0.86 แสดงถึงคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์สามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้ (ภาคผนวก ข, หน้า 207)

4.8.2 คัดเลือกแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จำนวน 5 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ด้วยวิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ โดยที่ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบวัดที่มีความเชื่อมั่นได้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117) ซึ่งแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.855 แสดงว่า แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อมั่นที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ได้ (ภาคผนวก ข, หน้า 207)

4.9 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 19 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัยในชั้นเรียนโดยผ่านคุณครูที่ปรึกษาเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้ทราบถึงกระบวนการดำเนินการทดลอง รวมไปถึงการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่จะถูกเก็บเป็นความลับ ไม่มีการเปิดเผยชื่อหรือข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลจะถูกทำลายหลังจากดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์แล้ว 6 เดือน รวมทั้งไม่มีผลกระทบต่อคะแนนในชั้นเรียนของผู้เข้าร่วม ซึ่งหากพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเดิมของโรงเรียน อันเป็นผลสืบเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการสอนเสริมให้ผู้เข้าร่วมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบเดิมที่เป็นมาตรฐานของโรงเรียนเพิ่มเติมนอกเวลาเรียนตามปกติ จนครบเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด โดยที่นักเรียนจะสามารถตัดสินใจได้อย่างอิสระในการเข้าร่วมการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน โดยจะดำเนินการทดลองในชั่วโมงเรียนตามปกติ รายวิชาเคมี 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เคมีอินทรีย์ เรื่อง พันธะของคาร์บอน , ไอโซเมอริซึม , หมู่ฟังก์ชัน , สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งสิ้น 19 ชั่วโมง โดยกลุ่มทดลองจะเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมจะเป็นการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งหลังจากทำการวิจัยแล้ว หากผลการทดลองของกลุ่มทดลองได้ผลดีกว่า จะนำกิจกรรมนี้ไปใช้กับกลุ่มควบคุมในภายหลัง

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพปรับปรุงและแก้ไขแล้วกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

3. ดำเนินการสอนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ใช้เวลาสอนกลุ่มละ 15 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ฉบับเดิม) ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3)

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test (ทดสอบสมมติฐานข้อ 4)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$) โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการทำกิจกรรม รวมทั้ง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ สามารถหาได้โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ซึ่งให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้ออย่างหนึ่งอย่างใด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งถือได้ว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและตามโครงสร้าง

2.2 ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบแบบอัตนัย ผู้วิจัยใช้วิธีการแบบอิงกลุ่ม แทนวิธีการแบบอิงเกณฑ์ เนื่องจากมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์กับกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ โดยกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่เพียงพอ

2.2.1 ค่าความยากง่าย (P_E) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R. Whitney & Sabers, 1970) โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R. Whitney & Sabers, 1970) โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2.3 ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)โดยการใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett) (กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์, 2540, หน้า 177-178)

$$r_{ck} = \frac{MS_p - MS_e}{MS_p}$$

เมื่อ r_{ck} แทน ค่าความเชื่อมั่น

MS_p แทน ค่า mean square ของคะแนนจากผู้สอบ $= \frac{SS_p}{df_p}$

MS_e แทน ค่า mean square ของความคลาดเคลื่อน $= \frac{SS_e}{df_e}$

ซึ่ง $SS_e = SS_{tot} - SS_p - SS_i$ และ $df_e = (k-1)(n-1)$

เมื่อ k แทน จำนวนข้อ

n แทน จำนวนผู้สอบ

$$SS_p = k\sum_{i=1}^{n}(\overline{X}_i - C)^2 \text{ และ } df_p = \text{n}$$

เมื่อ C แทน เกณฑ์ที่ตั้งไว้

$$SS_i = n\sum_{j=1}^{k}\left(\overline{X}_J - X\right)^2$$

$$SS_{tot} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}\left(\overline{X_{ij}} - X\right)^2$$

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติการทดสอบค่าที แบบ Independent sample t-test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.2 ใช้สถิติการทดสอบค่าที แบบ One sample t-test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติการทดสอบค่าที (t-test แบบ Independent sample t-test และ One sample t-test)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
df	แทน	ค่าชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ *t*
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 41 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 39 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวัดทรงธรรม อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ แล้วจึงนำข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ตลอดการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่าไม่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ข หน้า 209 และ 211

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	*S*	*df*	*t*	*p (1-tailed)*
กลุ่มทดลอง	41	11.05	1.482	60.183	4.071*	.000
กลุ่มควบคุม	39	9.13	2.567			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.05 และ 1.482 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.13 และ 2.567 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 4.071$, $p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง เคมีอินทรีย์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ						
	n	**เกณฑ์**	$\overline{X}$	***S***	***df***	***t***	***p (1-tailed)***
หลังเรียน	41	10.5	11.05	1.482	40	2.370*	.012

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.05 และ 1.482 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (10.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน) พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 2.370$, $p = .012$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	*S*	*df*	*t*	*p (1-tailed)*
กลุ่มทดลอง	41	39.54	4.572	62.125	7.362*	.000
กลุ่มควบคุม	39	29.23	7.520			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 39.54 และ 4.572 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 29.23 และ 7.520 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 7.362$, $p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง เคมีอินทรีย์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ						
	n	**เกณฑ์**	$\bar{X}$	***S***	***df***	***t***	***p (1-tailed)***
หลังเรียน	41	31.5	39.54	4.572	40	11.255*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 39.54 และ 4.572 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (31.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน) พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 11.255 , p = .000) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เพราะแต่ละห้องเรียนมีการคละความสามารถ แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 41 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 5 แผน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.73 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 0.83 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.739 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.54 ถึง 0.66 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.58 ถึง 0.86 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.819 การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Non-equivalent control group pretest-posttest design วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า

1. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นการอภิปรายออกเป็น 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์

ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้จากการศึกษา และประสบการณ์เดิม ควบคู่ไปกับการใช้จินตนาการ ในการระบุโครงสร้างของสารอินทรีย์ของนักเรียน เพื่อใช้ในการอธิบายข้อมูล แนวคิด หลักการเรื่องของเคมีอินทรีย์ ที่เป็นนามธรรม ในรูปแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพที่เป็นลักษณะสองมิติ

และมีการนำเอาแบบจำลองสามมิติมาช่วยในการอธิบายข้อมูล แนวคิด หลักการนั้น ๆ ให้เกิดความชัดเจนและถูกต้องสมบูรณ์ ผ่านแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้และดูลักษณะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างได้ทุกด้าน ส่งผลให้เกิดการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1962, pp. 85-89) ที่ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์หรือผลิตสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่มีใครทำมาก่อน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ อาจออกมาในรูปผลผลิตทางศิลปะ วรรณคดี วิทยาศาสตร์ หรืออาจเป็นเพียงกระบวนการ โดยการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่ผู้วิจัยสร้างสถานการณ์ยกตัวอย่างเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เช่น เรื่อง พันธะเคมี ที่นักเรียนเคยได้เรียนมาแล้ว ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการอภิปราย และเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่กำลังจะเรียนในปัจจุบัน พร้อมทั้งสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นภาพวาดสองมิติ เช่น ภาพวาดโครงสร้างลิวอิส, โครงสร้างแบบเส้นและมุม ผ่านความรู้เดิมของนักเรียน จากการจัดกิจกรรมในขั้นที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนจะมีการทบทวนความรู้เดิม โดยมีการช่วยกันอภิปราย และเขียนสรุปเป็นองค์ความรู้ ที่เป็นลักษณะแบบจำลองทางความคิด เพื่อให้ได้คำตอบจากคำถามที่ครูกระตุ้น โดยที่ความรู้เดิมนั้นอาจจะไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนบ้าง เนื่องจากนักเรียนเคยได้เรียนมานานแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kenyon et al. (2008) กล่าวว่า นักเรียนจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็น โดยครูจะต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่นักเรียนมีอยู่จริง ๆ และสอดคล้องกับ Rea-Ramirez et al. (2008) กล่าวว่า ในระหว่างขั้นตอนนี้ ครูจะต้องให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งจากคำถามจะทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความสัมพันธ์

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเชื่อมโยงการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เข้าสู่การสร้างแบบจำลองโมเลกุลแบบสามมิติที่เป็นการให้นักเรียนต่อโมเดลโครงสร้างของสารอินทรีย์ ซึ่งให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยมีการใช้ความรู้เดิมที่เป็นนามธรรม มาอภิปรายร่วมกันถึงโครงสร้างที่จะเกิดขึ้นเป็นรูปธรรมในรูปแบบสามมิติจากความรู้เดิมของนักเรียน และใช้โมเดลจาก 3D-Printer เป็นอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ พร้อมทั้งศึกษาหลักการทางวิทยาศาสตร์จากใบความรู้หรือ

หนังสือเรียน และใช้แบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้น มาใช้ในการอธิบายหลักการนั้น ๆ จากกิจกรรมในขั้นที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนจะมีการนำแบบจำลองทางความคิดที่ได้เขียนสรุปความรู้เดิมจากการอภิปรายกับเพื่อน มาใช้เป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยนักเรียนบางส่วนจะพบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเป็นโครงสร้างสามมิติแล้ว จะเห็นรูปร่างหรือองค์ประกอบของโมเลกุลที่ผิดแปลกไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gobert & Buckly (2002, p. 892) กล่าวว่า นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงานพฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ หลังจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง และสอดคล้องกับภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) กล่าวว่า นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้อื่นรับรู้ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำพูด สัญลักษณ์ หรือการเปรียบเทียบ เป็นต้น โดยการอภิปราย การตอบคำถาม หรือการวาดภาพ ซึ่งแบบจำลองที่นักเรียนนำเสนออาจเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นของตนเอง

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งให้เพื่อนร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้น เช่น “รูปร่างลักษณะโครงสร้างถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่” “อะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างครบถ้วนหรือไม่” และมีการเปรียบเทียบกับกับกลุ่มอื่น ๆ หรือเปรียบเทียบกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยจะทำหน้าที่ในการอธิบายเพิ่มเติมหรือแนะนำ ส่วนที่เป็นรายละเอียดของแบบจำลองที่ขาดหายไป หรือส่วนที่ต้องการเน้นย้ำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น เพื่อที่นักเรียนจะได้แบบจำลองที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ จากกิจกรรมในขั้นที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแล้ว นักเรียนจะมีการเปรียบเทียบกับเพื่อน หากแบบจำลองสามมิติของตนเองต่างจากเพื่อน นักเรียนจะเกิดความสงสัย ว่าแบบจำลองสามมิติแบบไหนเป็นแบบที่ถูกต้อง รวมไปถึงนักเรียนมีการขอคำแนะนำจากผู้วิจัยเมื่อนักเรียนไม่มั่นใจว่าแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นถูกต้องตามหลักการหรือไม่ และถ้านักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองของตนเองถูกต้อง แต่แตกต่างไปจากเพื่อน จะมีการอภิปรายร่วมกันโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความรู้เดิมมายืนยัน ว่าแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นนั้น ถูกต้องสมบูรณ์แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับ Gobert & Buckly (2002, p. 892) กล่าวว่า เป็นการนำแบบจำลองที่สร้างไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น และสอดคล้องกับ Rea-Ramirez et al. (2008) กล่าวว่า

ในขั้นนี้ ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยที่ครูจะต้องใช้ข้อมูลในหลาย ๆ กลุ่มที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลอง และสอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่เสนอความเห็นว่า แบบจำลองนั้นช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนจะได้รับผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนในระหว่างการอภิปราย การนำเสนอแบบจำลองทำให้ได้แนวคิดใหม่ ๆ มีความคิดที่ชัดเจนขึ้น และเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และเกิดประสบการณ์ที่จะสามารถนำความรู้ไปพัฒนาแบบจำลองของตนให้ดียิ่งขึ้น

4. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำแนวการสร้างแบบจำลองจากการที่ได้อภิปรายร่วมกัน และข้อเสนอแนะของผู้วิจัย มาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ครบถ้วน และสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษา เช่น เปลี่ยนลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองให้ถูกต้อง หรือเพิ่มเติมส่วนประกอบของแบบจำลองที่ขาดหายไป จากแบบจำลองเดิมที่สร้างไว้ เพื่อให้แบบจำลองของนักเรียนออกมาถูกต้อง และอธิบายข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด จากกิจกรรมในขั้นที่ 4 ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนพบจุดบกพร่องของแบบจำลองของตนเองแล้ว นักเรียนจะมีการแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ถูกต้อง โดยมีแบบจำลองของเพื่อนและคำแนะนำของผู้วิจัยเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข นักเรียนจะมีการคิดหาวิธีการว่าจะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไรเพื่อให้แบบจำลองนั้นออกมาถูกต้อง สมบูรณ์ที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Khan (2007) กล่าวว่า เป็นการปรับปรุงความสัมพันธ์ที่ได้จากการประเมินเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ และสามารถแก้ปัญหาใหม่ได้ และสอดคล้องกับ Kenyon et al. (2008) กล่าวว่า นักเรียนจะต้องกลับมาพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรก รวมทั้งประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติมจากขั้นก่อนหน้า โดยนักเรียนจะเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้นและรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) ของชั้นเรียน ซึ่งในระหว่างขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเอาแบบจำลองที่แก้ไขจนสมบูรณ์แล้ว มาใช้ในการอธิบายโครงสร้างในลักษณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน เช่น อธิบายโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น หรือมีขนาดของโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น ต้องใช้อะตอมของธาตุชนิดต่าง ๆ มาเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างเพิ่มขึ้นจากเดิม หรือนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ศึกษาโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น โครงสร้างของยา โครงสร้างของปิโตรเลียม โครงสร้างของพอลิเมอร์ เป็นต้น และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเรียน

เนื้อหาในเรื่องต่อไปได้ จากกิจกรรมในขั้นที่ 5 ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับมีการสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติได้อย่างถูกสมบูรณ์แล้ว นักเรียนจะเกิดความสนใจ ในการประยุกต์ หรือศึกษาโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ที่ไม่มีอยู่ในหนังสือเรียน หรือเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน รวมทั้งทดลองสร้างโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเปรียบเทียบว่ามีความแตกต่างจากโครงสร้างที่เรียนมาแล้วหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Rea-Ramirez et al. (2008) กล่าวว่า ในขั้นนี้ นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองแล้ว มาอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นว่าสามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ และสอดคล้องกับ Kenyon et al. (2008) กล่าวว่า นักเรียนจะนำแบบจำลองซึ่งเป็นมติของกลุ่มไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยครูจะต้องทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ลักษณะ ดังนี้

1.1 ความคิดริเริ่ม เป็นความสามารถในการคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากคนอื่น ไม่ซ้ำคนอื่น หรือไม่เคยมีมาก่อน มีความเป็นต้นแบบและมีคุณค่า ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเอาแบบจำลองที่สมบูรณ์แล้ว มาใช้ในการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ หรือนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น เช่น นำความรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ไปใช้ในการอธิบายโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน จากการที่ได้ศึกษาผ่านการใช้แบบจำลอง แล้วนำแนวคิดนั้นไปใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาโจทย์หรือแบบทดสอบในลักษณะที่ใกล้เคียงกันได้ โดยแนวคิดที่เกิดขึ้น จะเกิดเป็นลักษณะวิธีการจดจำหรือความเข้าใจของตนเอง เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวความคิดของตนเองในการอธิบายแนวคิดที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้กว้างขึ้น ซึ่งจากขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเกิดความคิดริเริ่ม จากการที่นักเรียนอยากศึกษาโครงสร้างของสารอินทรีย์เพิ่มเติมจากที่เรียน เช่น ศึกษาโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้น ขนาดโครงสร้างที่มีโมเลกุลมากขึ้น ผ่านการทดลองสร้างโมเดลแบบจำลองสามมิติ สอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1965, pp. 125-144) กล่าวว่า ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้นเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก มีลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการผลิต และสามารถแตกความคิดจากของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ ที่ไม่ซ้ำซ้อนกับของเดิม และสอดคล้องกับแนวคิดของ อารีย์ พันธ์มณี (2547, หน้า 35) กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น

และแตกต่างจากความคิดธรรมดา อาจเกิดจากการคิดจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นของใหม่ที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจจะเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่

1.2 ความคิดคล่องแคล่ว เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมาก และรวดเร็ว ภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองผ่านการเขียน หรือการวาดภาพ โดยใช้ความรู้จากการศึกษาเรื่องเคมีอินทรีย์ หรือนำความรู้เดิมที่เคยเรียนมาแล้ว มาสร้างแบบจำลองให้ได้คำตอบในปริมาณมากที่สุด ภายในระยะเวลา 20 นาทีที่กำหนดไว้ของขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด แล้วจึงนำไปตรวจสอบความถูกต้องในขั้นต่อไป เพื่อเลือกหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดผ่านการใช้แบบจำลองสามมิติ ซึ่งจากขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีกระบวนการคิดหาวิธีการต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด ซึ่งไม่จำเป็นว่าวิธีการนั้นจะถูกต้องทั้งหมดหรือไม่ แต่นักเรียนจะพยายามค้นหาคำตอบให้ได้ออกมามากที่สุดก่อนจะหมดเวลา หลังจากนั้นนักเรียนจะไปพิจารณาคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด จากการสร้างแบบจำลองสามมิติในขั้นต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1965, pp. 125-144) กล่าวว่า ความคิดคล่องแคล่ว คือความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณมากในระยะเวลาที่จำกัด โดยที่ลักษณะของความคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มากหลายอย่าง และแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมด มาพิจารณาแต่ละอย่างเปรียบเทียบกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับแนวคิดของ อารีย์ พันธ์มณี (2547, หน้า 35) กล่าวว่า ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

1.3 ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการดัดแปลงคิดหาคำตอบ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลากหลายกลุ่ม หรือหลากหลายประเภท ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มลงมือสร้างแบบจำลองสามมิติจากผลที่นักเรียนได้ศึกษา และสร้างแบบจำลองทางความคิดเอาไว้ในขั้นที่ 1 ซึ่งจากขั้นนี้ แบบจำลองสามมิติที่นักเรียนสร้างขึ้น จะถูกดัดแปลงให้มีโครงสร้างที่มีความหลากหลายมากขึ้น นักเรียนจะเริ่มวิเคราะห์ถึงการจัดเรียงโครงสร้างเมื่อเริ่มต่อแบบจำลอง เพื่อหาลักษณะโครงสร้างที่ถูกต้องของโมเลกุล รวมไปถึงการเลือกใช้อะตอมของธาตุมาเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสารอินทรีย์ เนื่องจากอะตอมของธาตุแต่ละชนิดนั้น จะมีจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้

ในการเกิดพันธะไม่เท่ากัน นักเรียนจะมีการพิจารณาถึงแบบจำลองทางความคิดในขั้นก่อนหน้าผ่านการต่อแบบจำลองสามมิติ โดยที่นักเรียนจะมีการตรวจสอบหรือค้นพบว่าแบบจำลองทางความคิดที่ได้เขียนไว้นั้น ถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ หรือมีองค์ประกอบใดที่ต้องเพิ่มเติมหรือแก้ไขปรับปรุง และสามารถอธิบายออกมาเป็นแนวคิดได้มากขึ้นจากที่เขียนแบบจำลองทางความคิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1965, pp. 125-144) กล่าวว่า ความยืดหยุ่นในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง ซึ่งความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง จะเป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลาย และสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ อารีย์ พันธ์มณี (2547, หน้า 35) กล่าวว่า ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา

1.4 ความคิดละเอียดลออ เป็นความสามารถในการคิดที่มีการนำเสนอได้อย่างละเอียดชัดเจน เพื่อให้ได้ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 3 ขั้นประเมินแบบจำลอง ที่นักเรียนจะมีการนำเสนอแบบจำลองของตนเอง และมีการอภิปรายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนและผู้วิจัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองของนักเรียนมีลักษณะไม่เหมือนกัน นักเรียนจะเกิดความสงสัยว่าแบบจำลองในลักษณะใดคือแบบจำลองที่ถูกต้อง และจะมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความรู้เดิมมาอธิบายแบบจำลองของตนเองว่ามีลักษณะแบบนี้ได้อย่างไร และขั้นที่ 4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง หลังจากมีการอภิปรายร่วมกันแล้ว นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน เมื่อได้แนวความคิดที่ถูกต้องแล้ว หากแบบจำลองของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะทำการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองของตนเอง เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกต้องสมบูรณ์พร้อมทั้งสามารถอธิบายแนวคิดได้ละเอียดมากขึ้นจากการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งจากขั้นนี้ นักเรียนจะมีการปรับเปลี่ยนแนวความคิดของตนเอง ควบคู่ไปกับการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เช่น ลักษณะโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม จะมีการจัดเรียงที่แตกต่างกัน การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันแตกต่างกัน และมีจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างไม่เท่ากัน อีกทั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารอินทรีย์ เช่น ปฏิกิริยาการแทนที่จะเกิดขึ้นกับสารประกอบแอลเคน ปฏิกิริยาการเติมจะเกิดขึ้นกับสารประกอบแอลคีน และแอลไคน์ โดยที่สารประกอบแต่ละชนิดจะมีลักษณะการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการบอกจำนวนไอโซเมอร์ของสารอินทรีย์ที่นักเรียนบอกจำนวนไอโซเมอร์ที่เกิดขึ้นได้ไม่ครบถ้วน โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้คอยให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ที่ยังไม่ชัดเจน เมื่อนักเรียนได้ศึกษาอย่างละเอียดผ่านการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองแล้ว ความ

เข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ก็จะถูกปรับเปลี่ยนให้ถูกต้องสมบูรณ์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1965, pp. 125-144) กล่าวว่า ความคิดละเอียดลออ คือความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และแนวคิดของ Guilford (1967, pp. 145-151) กล่าวว่า ความคิดละเอียดลออเป็นความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพได้ชัดเจน

เหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล สามารถลดแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) ของนักเรียนทุกประเด็นที่ศึกษา ประเด็นที่มีแนวคิดไม่ถูกต้องที่ถูกปรับลดลงมากที่สุดคือหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ แนวคิดถูกต้อง (SU) ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี มีแนวคิดถูกต้องพัฒนาขึ้นสูงที่สุด กิจกรรมการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งความคิดละเอียดลออถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรัสวดี ปะกิระเค (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์แยกเป็นรายด้าน ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดละเอียดลออ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดไปหาต่ำที่สุด คือ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม

2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้ เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเอาความรู้จากการศึกษา เรื่อง เคมีอินทรีย์ และประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยเรียนในรายวิชาเคมี มาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดผ่านการเขียนหรือการวาดภาพตามความเข้าใจของนักเรียน เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ ให้ได้ข้อสรุป หลังจากนั้นจึงนำแบบจำลองทางความคิดที่เป็นรูปแบบสองมิติที่เป็นนามธรรม มาทำการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองในรูปแบบสามมิติที่เป็นรูปธรรม โดยแบบจำลองสามมิติที่สร้างขึ้น จะเป็นตัวแทนของความคิด เพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ทำให้อธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น และขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Buckley et al. (2004) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่า เป็นการนำแบบจำลองมาใช้ประกอบในการเรียนรู้ โดยจะสามารถสร้างเป็นแบบจำลองได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แบบจำลองทางความคิด แสดงด้วยสัญลักษณ์ ตัวแปร คำอธิบาย รูปภาพ ภาพวาดสองมิติ ชิ้นงานสามมิติ ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่ให้ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการนำความรู้มาสร้างแบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยที่ผู้วิจัยได้มุ่งพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ การสร้างแบบจำลองทางความคิด การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer และการอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นได้ส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

2.1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด จะเป็นการที่นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการเขียนหรือวาดภาพ ในลักษณะสองมิติ เช่น สูตรโครงสร้าง สมการเคมี ซึ่งเกิดจากการนำความรู้เดิม หรือประสบการณ์ของนักเรียนที่เคยได้เรียนในรายวิชาเคมีมาแล้ว มาใช้ในการอภิปรายและเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหา เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่กำลังเรียน ผ่านคำถามหรือสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งสามารถพัฒนาขึ้นในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ที่เป็นการให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ที่เคยเรียนมาแล้ว มาอภิปรายเพื่อให้ได้แบบจำลองทางความคิด สำหรับการนำไปสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติในขั้นต่อไป โดยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในส่วนนี้จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อนักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เขียนโครงสร้าง หรือสมการเคมี ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน จากการจัดกิจกรรมของผู้วิจัย พบว่า นักเรียนบางส่วนยังคงไม่สามารถใช้ความรู้

เดิมมาสร้างแบบจำลองทางความคิดได้ เนื่องจากขาดความเข้าใจในเนื้อหาเดิม หรือไม่สามารถนำความรู้ที่เคยเรียนมาเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้กับเนื้อหา เรื่อง เคมีอินทรีย์ ได้ ผู้วิจัยจึงต้องมีหน้าที่ในการใช้คำถามในการกระตุ้น และทบทวนความรู้ของนักเรียน เช่น “นักเรียนคิดว่า แก๊สมีเทน, น้ำส้มสายชู, เมทิลแอลกอฮอล์ สารประเภทนี้ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะใด” “นักเรียนคิดว่ามีธาตุใดเป็นองค์ประกอบในสารบ้าง” “ธาตุองค์ประกอบหลักที่ควรจะต้องมีในสารอินทรีย์ประกอบด้วยธาตุอะไร” ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert, Bouter & Elmer (2000, p. 11) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้นั้น แบบจำลองที่สร้างขึ้นจะต้องมีความชัดเจนถูกต้อง และต้องประกอบด้วยเอกลักษณ์ จากข้อมูลที่ไม่สามารถจับต้องและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ แต่แสดงตัวเหมือนกับเป็นวัตถุที่สามารถสัมผัสได้

2.2 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer คือการที่นักเรียนจะนำเอาแบบจำลองทางความคิดที่ผ่านการเขียนหรือวาดเรียบร้อยแล้วในส่วนที่ 1 มาสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยใช้แบบจำลองสามมิติจาก 3D Printer มาต่อกันเป็นโครงสร้างของสารอินทรีย์ ซึ่งลักษณะของแบบจำลองนี้จะเป็นอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ เช่น อะตอมคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น โดยแต่ละอะตอม จะมีลักษณะเฉพาะของธาตุนั้น ๆ (เวเลนซ์อิเล็กตรอน) ที่จะบ่งบอกได้ว่าต้องใช้อะตอมที่มาต่อคู่กันจำนวนเท่าไร ทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่ได้เขียนหรือวาดภาพไว้ก่อนหน้านี้ได้ ซึ่งจะสามารถพัฒนาขึ้นในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง และขั้นที่ 3 ขั้นประเมินแบบจำลอง ที่นักเรียนทุกคนจะได้ทดสอบว่าแบบจำลองทางความคิดที่ตนเองได้เขียนหรือวาดภาพขึ้นมาในรูปแบบสองมิตินั้นถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ จากการประเมินแบบจำลองของตนเองกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Schwarz et al. (2009, p. 635-636) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เป็นการนำความรู้มาสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการสร้างแบบจำลอง ต้องมีการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี รวมไปถึงขั้นที่ 4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองสามมิติที่นักเรียนสร้างขึ้นมีจุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขให้ชัดเจนจากการที่ได้อภิปรายร่วมกับเพื่อน และได้รับคำแนะนำจากครู ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Gobert & Buckley (2002, p. 892) ที่กล่าวว่า การนำแบบจำลองไปใช้และประเมินในขั้นนี้ นักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมา อาจถูกปฏิเสธเนื่องจากอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนจะกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

2.3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นส่วนที่นักเรียนอธิบายถึงแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ในลักษณะการเขียนบรรยาย ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในส่วนที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น หลังจากที่ได้สร้างแบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองสามมิติแล้ว โดยที่สามารถพัฒนาขึ้นในกระบวนการจัดการเรียนที่โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง ที่นักเรียนได้มีการเรียนรู้อย่างละเอียด หรือมีการศึกษาเพิ่มเติมแล้ว และสามารถนำเอาความรู้นั้นไปใช้ในการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Schwarz et al. (2009, p. 635-636) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ เป็นการแสดงความเข้าใจในลักษณะการเขียนบรรยายหรือพูดโดยสรุปเอง หรือจากการเรียนรู้แล้วได้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี เพื่อที่จะสามารถยกตัวอย่างในการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้

เหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละ 70.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70 2) นักเรียนที่เรียนโดยการใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 3.57 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก 3) นักเรียนที่เรียนโดยการใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองเท่ากับ 2.59 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิโลบล หลักหาญ (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรแกรมการเรียนสายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ควรชี้แจงบทบาทของนักเรียนในการทำกิจกรรมให้เกิดความเข้าใจชัดเจน เพื่อให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และไม่เกิดความสับสนต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ตลอดจนชี้แจงให้เห็นถึงประโยชน์ของการทำกิจกรรม เพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอน

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ควรตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ครบตามเนื้อหาวิชา

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ใช้แบบจำลองและเวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรตรวจสอบความพร้อมของแบบจำลองและกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม

1.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ ใช้แบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โมเดลจาก 3D-Printer เป็นเครื่องมือ หากไม่มีวัสดุอุปกรณ์ 3D-Printer สามารถใช้เครื่องมืออื่นในการสร้างแบบจำลองสามมิติได้ เช่น แบบจำลองโมเลกุลสำเร็จรูป, ดินน้ำมัน เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเนื้อหาเรื่องที่มีลักษณะเนื้อหาคล้ายคลึงกับเรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นการศึกษาในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ที่สามารถใช้แบบจำลองโมเลกุลสามมิติจาก 3D-Printer ได้ เช่น เรื่อง พันธะเคมี, สารชีวโมเลกุล ที่ต้องใช้จินตนาการในการศึกษาสิ่งที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมให้ออกมาในรูปแบบจำลอง ที่เป็นรูปธรรม

2.2 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคนิคอื่น ๆ เพื่อช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้ดียิ่งขึ้น

2.3 กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ทำการทดลองเครื่องมือ ควรเป็นคนละโรงเรียนที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน

3. ข้อจำกัดในการวิจัย

3.1 งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านการทดลองใช้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการนำไปใช้จริง เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน มีจำนวน 3 ห้องเรียน จึงสามารถทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างได้เพียง 1 ห้องเรียน และเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดการถ่ายโอนความรู้ระหว่างกันในกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงขอความร่วมมือให้ผู้ทดลองใช้เครื่องมือเก็บเป็นความลับในการทดลอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์. (2540). *การวัด การวิเคราะห์ การประเมินทางการศึกษาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86-98.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ดิลก ดิลกานนท์. (2534). *การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2541). *ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : ทัศนะแบบองค์รวม*. กรุงเทพฯ: สยามโอเวอร์ซีส์โปร.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2541). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ดวงกมล.

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 19). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

ธนัฏฐา คงทน. (2557). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นพคุณ แงวกุดเรือ. (2553). *ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิธิพัฒน์ เมฆขจร. (2547). *การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ ฉบับภาษาไทย และการรายงานผลการใช้แบบทดสอบในการให้คำปรึกษา.* ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาจิตวิทยาการให้คำปรึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นิโลบล หลักหาญ. (2561). *การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้ง.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยะนัฐ นันทการณ์. (2551). *ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์. (2533). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. (2542, 19 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. หน้า 3.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยสาร สสวท*, 38(163), หน้า 33

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ล้วน สายยศ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรวัฒน์ ศีลบุตร. (2560). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วศินี อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2545). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับจากการจัดประสบการณ์วางแผน ปฏิบัติ ทบทวน ตามแนวการสอนแบบไฮสโคป ของนักเรียนชั้นเด็กเล็ก โรงเรียนสาธิต มศว. ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)*. กรุงเทพฯ: โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม).

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้ (Learning management)*. กรุงเทพฯ: โอ เอสพริ้นติ้งเฮ้าส์.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2561). *สทศ. ประกาศผลสอบ O-NET ปีการศึกษา 2560 จำแนกตามสังกัด ขนาดโรงเรียน ที่ตั้ง ภูมิภาค รายสาระ*. เรียกใช้เมื่อ 23 เมษายน 2560 จาก สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน): http://www.niets.or.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2530). *การพัฒนาแบบวัดผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ : แบบวัดบุคลิกภาพของนักวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในหลักสูตรของปี 2551*. เรียกใช้เมื่อ 8 พฤษภาคม 2562 จาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี: http://designtechnology.ipst.ac.th/category/definitions/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิชา เทคโนโลยี(การออกแบบและเทคโนโลยี)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2561). *ระบบศัพท์บัญญัติ สำนักงานราชบัณฑิตยสภา ออนไลน์*. เรียกใช้เมื่อ 23 เมษายน 2560 จาก สำนักงานราชบัณฑิตยสภา: http://www.royin.go.th

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2575*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2555). *แนวทางการประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2557). *แนวปฏิบัติการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สุทธิดา จำรัส. (2555). *แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. เข้าถึงได้จาก https://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching/

สุรัสวดี ปะกิระเค. (2561). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2546). *21 วิธีจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์

อัมพร บุญเสริมสุข. (2547). *การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา

อารีย์ พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

อารีย์ พันธ์มณี. (2545). *ฝึกคิดให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ใยไหม.

อารีย์ พันธ์มณี. (2546). *จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ใยไหม.

อารีย์ พันธ์มณี. (2547). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สู่ความเป็นเลิศ*. กรุงเทพฯ: ธนธัช.

อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). *สร้างลูกให้เป็นอัจฉริยะ*. กรุงเทพฯ: ผู้จัดการ.

Anderson and others. (1970). *Developing Children Thinking Through Science*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice – Hall.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2010). *Engaging Elementary Student in Scientific Modeling*. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching.

Buckly, B. C., & C. J. Bouter. (2000). *Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J.K. Gilbert and C.J. Bouter. (eds.). Developing Models in Science Education*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 119-135.

Buckly, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning With BioLogicaTM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?, *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), pp. 23-41.

Chang, S. N. (2008). The learning effect of modeling ability instruction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 9(2)

Clement, J. J., Rea-Ramirez, M. A., & Nunez-Oviedo, M. C. (2007). *An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. In Clement, J.J. and Rea-Ramirez, M.A., Model Based Learning and Instruction in Science*, U.S.A: Springer, pp. 1-2.

Cotterman, M. E. (2009). *The Development of Preservice Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Scientific Modeling*, Wright State University

Dean, N. L., Ewan, C., Braden, D., & McIndoe, S. (2019). *Open-Source Laser-Cut-Model Kits for the Teaching of Molecular Geometry*. Paper presented at Journal of Chemical Education.

De Bono, Edward. (1982). *Lateral thinking : A Textbook of Creativity*. Penguin Books.

Devis, G. A. (1983). *Creativity is forever*. Iowa: Kendall Hunt.

Evan, E. D., & Mccanless, B. R. (1987). *Children and youth psychosocial development*. New York: Holt, Rinehart

Frigg, R., & Hardmann, S. (2006). *Model in Science*. Retrived April 26, 2019, from: https://plato.stanford.edu/entries/models-science/

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education*, Netherlands: Springer, pp. 217-251.

Gilbert, J. K., Bouter, C. J., & Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In Gilbert, J.K. and Bouter, C.J., Developing Models in Science Education*, Netherlands: Kluwer Academic Publisher, pp. 3-17.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2002). *Models and modeling in chemical education*. Chemical Education: Toward Research-based Practice.

Gilbert, J. K., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding models in earth and space science*, Arlington: NSTA Press

Gobert. J. D., & Buckley. B. C. (2002). Introduction to Model-based teaching and learning in Science Education. *International Journal of Science Education*, 22(9), pp. 891-894

Good, C. V. (1992). *Dictionary of Education*., New York: McGraw-Hill, p. 33.

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

Guilford, J. P., & Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw – Hill.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026

Hestenes, D. (1996). *Modeling Methodology for Physics Teachers*. In Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education. College Park.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22(1), pp. 85-142.

Hung, J. F., & Lin, J. C. (2009). *The Development of the Simulation Modeling System and Modeling Ability Evaluation*. Retrived April 30, 2019, from: https://pdfs.semanticscholar.org/cdf4/94256a5890969e58d08743f1687aa3f1b4e2.pdf

Johnstone. (2000). Chemical Education Research: Where from here?. *Proceeding from Variety in chemistry Teaching meeting*.

Kenyon, L., Schwarz, C., & Hug, B. (2008). *The benefits of scientific modeling*. Science and Children, pp. 41-44.

Khan, K. (2007). Model-Based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91, pp. 877-905.

Krulik, S., & Rudnick, J. (1993). *Reasoning and problem solving: A handbook for elementary school teachers*. Massachusetts: Allyn and Bacon.

Llewellyn, D. (2002). *Inquire within: implementing inquiry-based science standards*. Thousand Oaks, Calif: Corwin fress.

Moravesik, M. J. (1981). "Creative in Science Education" *Science Education*, 65, pp. 221-225

Nersesian, R. L. (1990). *Corporate Planning, Human Behavior and Computer Simulation : Forecasting Business Cycles*, Greenwood Press, p. 215.

Osborn, A. F. (1963). *Creative Imagination*. New York: Charles Serbner Sons

Plitz, A., & Sund, R. (1970). *Creative Teaching of Science in the Elementary School*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núnez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. *Springer Science*, 2, pp. 23-43.

Schwarz, C. V., & White, B.Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students. Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), pp. 165-205.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science*, 46, pp. 632-654.

Tayler Calvin W. (1964). *Creativity Progress and Potential*. New York: McGraw – Hill.

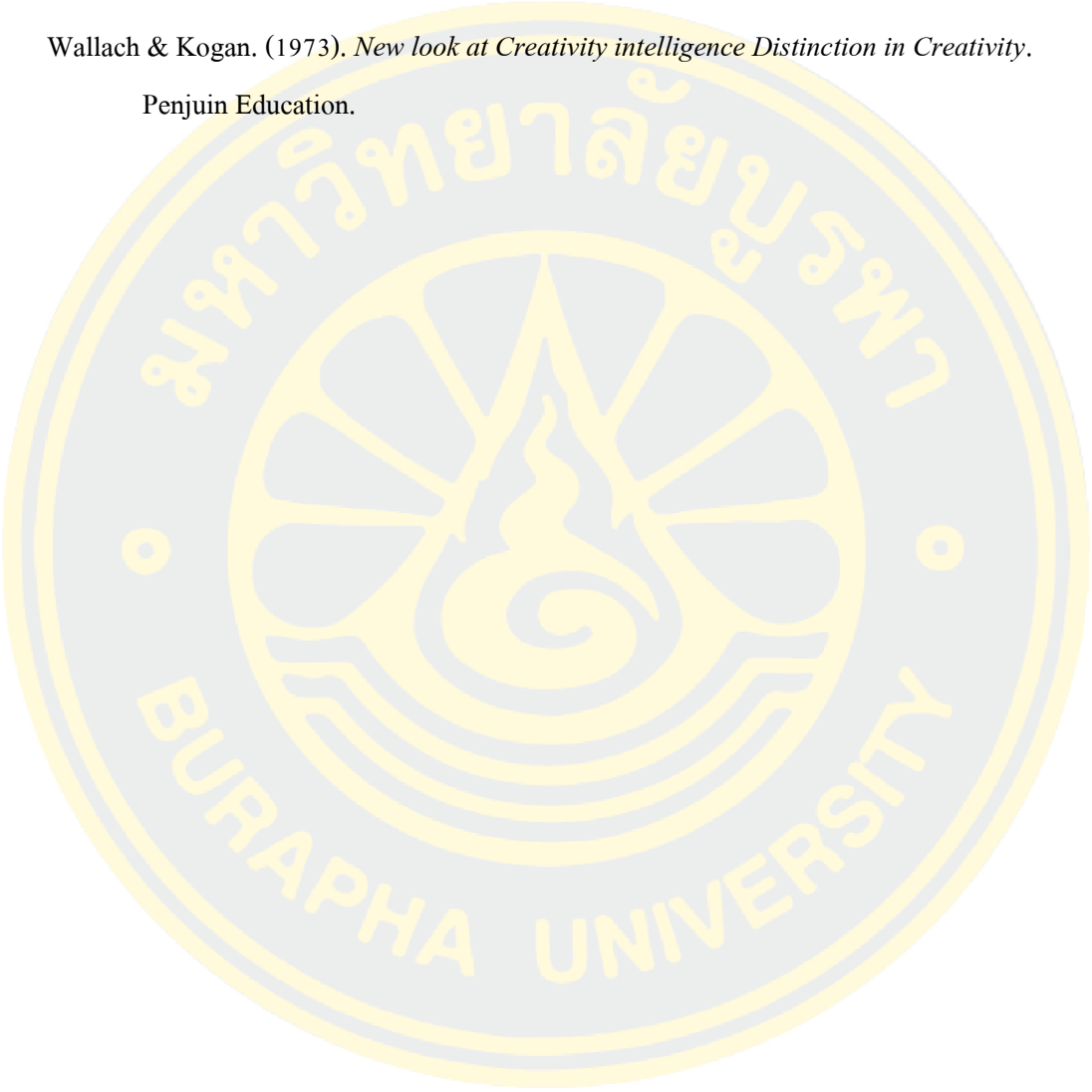
Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. New Jersey: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1965). *Rewarding creative behavior: experiments in classroom creativity*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1974). *Rewarding Creative Behavior*. Experiment in Classroom Creativity. Englewood Cliffs. N.J. : Prentice Hall

Wallach & Kogan. (1965). *Models of thinking in young children*. New York: Rinehart & Winston

Wallach & Kogan. (1973). *New look at Creativity intelligence Distinction in Creativity*. Penjuin Education.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

1. ผศ.ดร. ปริญญา ทองสอน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา)
2. ดร. สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน)
3. ดร. สรพงษ์ เจริญกฤตยาวุฒิ	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล)
4. นางสาววีณา วันชุ่ม	ครูชำนาญการ รายวิชาเคมี โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ (ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์)
5. นางชโลทร วรสมุทรปราการ	ครูชำนาญการ รายวิชาเคมี โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ อว ๘๑๑๘/ว. ๑๗๑๖ วันที่ ๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ อว ๘๑๑๘/ว.๑๗๑๖ วันที่ ๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.สมศิริ สิงห์ลพ

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ อว ๘๑๑๘/ว. ๑๗๑๖ วันที่ ๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.สรพงษ์ เจริญกฤตยาวุฒิ

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ว. ๐๕๒๗

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาววีณา วันชุ่ม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕
ผู้วิจัย ๐๘๙-๒๐๑๓๓๔๔

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ว. ๐๙๖๙

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางชโลทร วรสมุทรปราการ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕
ผู้วิจัย ๐๘๙-๒๐๑๓๓๔๔

ที่ อว ๘๓๓๗/ ๐๒๔๔

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๓๓๑

๑๙ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดทรงธรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๑๙๒๐๑๒๖ นิสิตหลักสูตรการศึกษมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(A Study of Creative Thinking and Constructing Scientific Model Ability for Twelfth Grade Students Using Model-Based Learning) โดยมี ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ ๖/๓ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๒ (ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) จำนวน ๔๑ คน ระหว่างช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่เบอร์โทร ๐๘๙-๒๐๑๓๓๔๔ หรือที่ E-mail: st325@songtham.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๓๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๓๐๗, ๓๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

ที่ อว ๘๓๓๗/๐๕๔

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๓๓๑

๑๙ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดทรงธรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๑๙๒๐๑๒๖ นิสิตหลักสูตรการศึกษมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(A Study of Creative Thinking and Constructing Scientific Model Ability for Twelfth Grade Students Using Model-Based Learning) โดยมี ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ ๖ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๒ ที่มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จำนวน ๒ ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖/๒ จำนวน ๔๑ คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖/๔ จำนวน ๓๙ คน เป็นกลุ่มควบคุม ระหว่างวันที่ ๑๘ – ๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่เบอร์โทร ๐๘๙-๒๐๑๓๓๔๔ หรือที่ E-mail: st325@songtham.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

ภาคผนวก ข

- การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
- ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
- ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
- ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ One Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ 1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5 ขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.72	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5 ขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.76	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5 ขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.78	0.46	มากที่สุด

ตารางที่ 4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5 ขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.78	0.46	มากที่สุด

ตารางที่ 5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นประเมินแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5 ขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.78	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 1-5 ผลค่าเฉลี่ยการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46

รวมทั้งสิ้น 5 แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46

การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ขั้นขยายความรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ขั้นประเมิน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.61	0.59	มากที่สุด

ตารางที่ 7 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ขั้นขยายความรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ขั้นประเมิน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.64	0.56	มากที่สุด

ตารางที่ 8 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ขั้นขยายความรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ขั้นประเมิน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.66	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 9 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ขั้นขยายความรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ขั้นประเมิน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	3	5	4.40	0.89	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.65	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 10 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 กำหนดหัวข้อได้ถูกต้อง	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 หัวข้อเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ขั้นขยายความรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ขั้นประเมิน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.66	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 6-10 ผลค่าเฉลี่ยการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

รวมทั้งสิ้น 5 แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

จากตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 ข้อ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

จากตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 ข้อ พบว่า แต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการวิเคราะห์	ข้อสอบคัดเลือกใช้ฉบับจริง
1	0.58	0.83	ใช้ได้	1
2	0.63	0.73	ใช้ได้	-
3	0.73	0.55	ใช้ได้	-
4	0.65	0.70	ใช้ได้	2
5	0.40	0.80	ใช้ได้	3
6	0.48	0.50	ใช้ได้	-
7	0.60	0.80	ใช้ได้	4
8	0.62	0.63	ใช้ได้	-
9	0.55	0.50	ใช้ได้	5
10	0.52	0.50	ใช้ได้	-

จากตารางแสดงค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.50 – 0.83 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.769

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการวิเคราะห์	ข้อสอบคัดเลือกใช้ฉบับจริง
1	0.57	0.86	ใช้ได้	1
2	0.55	0.86	ใช้ได้	-
3	0.64	0.72	ใช้ได้	2
4	0.65	0.70	ใช้ได้	-
5	0.62	0.68	ใช้ได้	-
6	0.61	0.78	ใช้ได้	3
7	0.54	0.64	ใช้ได้	-
8	0.59	0.66	ใช้ได้	4
9	0.66	0.58	ใช้ได้	-
10	0.65	0.63	ใช้ได้	5

จากตารางแสดงค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.54 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.58 – 0.86 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.855

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 15 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

คนที่	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน		การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	6	11	8	11
2	4	10	0	6
3	4	10	9	13
4	2	10	1	4
5	4	12	8	11
6	1	9	1	6
7	4	11	5	9
8	4	10	7	8
9	10	12	5	8
10	2	9	1	4
11	3	12	9	11
12	6	11	2	5
13	9	12	8	12
14	2	11	7	12
15	2	10	3	6
16	4	11	1	13
17	1	9	8	11
18	4	9	1	10
19	3	11	6	7
20	3	10	8	9
21	5	12	7	10
22	3	12	6	8
23	13	15	7	11
24	9	14	5	12
25	3	10	5	10

ตารางที่ 15 (ต่อ)

คนที่	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน		การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
26	3	11	5	8
27	1	10	6	8
28	5	11	7	11
29	6	13	8	9
30	2	11	6	11
31	6	13	7	11
32	7	10	3	9
33	7	10	6	7
34	3	10	6	9
35	2	11	5	7
36	4	11	8	7
37	13	15	8	12
38	3	10	7	14
39	9	13	4	6
40	5	11	-	-
41	1	10	-	-
รวม	188	453	214	356
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	4.59	11.05	5.49	9.13
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)	3.016	1.482	2.574	2.567

จากตาราง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.59 และ 3.016 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.49 และ 2.574 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -1.435, p = .155)

คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 16 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

คนที่	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน		การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	15	40	20	38
2	16	43	14	37
3	15	38	22	38
4	14	39	14	30
5	18	42	14	22
6	9	26	3	7
7	8	33	11	21
8	16	40	14	22
9	17	43	13	25
10	15	44	4	14
11	11	35	18	25
12	14	36	8	27
13	19	44	11	29
14	14	42	20	32
15	8	26	13	26
16	13	42	24	41
17	11	38	15	23
18	14	33	21	37
19	13	38	17	28
20	17	40	18	25
21	16	41	19	35
22	19	41	18	35
23	21	42	12	23
24	24	43	12	29

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คนที่	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน		การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
25	13	39	12	24
26	12	30	10	25
27	18	43	21	35
28	17	42	21	38
29	18	43	18	34
30	14	37	19	38
31	20	43	20	38
32	15	40	9	22
33	13	38	11	30
34	16	42	17	25
35	17	44	8	22
36	14	39	16	35
37	20	45	22	38
38	16	43	20	31
39	15	44	21	36
40	14	42	-	-
41	12	38	-	-
รวม	621	1621	600	1140
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	15.15	39.54	15.38	29.23
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)	3.366	4.572	5.143	7.520

จากตาราง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.15 และ 3.366 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.38 และ 5.143 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -.244, p = .808)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ Independent Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ Independent Sample t-test ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Group Statistics

Group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Post.Creative	Experimental group	41	11.05	1.482	.232
	Control group	39	9.13	2.567	.411

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Post. Creative	Equal variances assumed	15.333	.000	4.123	78	.000	1.921	.466	.993	2.848
	Equal variances not assumed			4.071	60.183	.000	1.921	.472	.977	2.864

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ One Sample t-test ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (10.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Post.Creative	41	11.05	1.482	.232

One-Sample Test

	Test Value = 10.5					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Post.Creative	2.370	40	.023	.549	.08	1.02

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ Independent Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ Independent Sample t-test ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูป

Group Statistics

Group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Post.Model	Experimental group	41	39.54	4.572	.714
	Control group	39	29.23	7.520	1.204

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Post. Model	Equal variances assumed	11.899	.001	7.448	78	.000	10.306	1.384	7.551	13.061
	Equal variances not assumed			7.362	62.125	.000	10.306	1.400	7.507	13.104

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบ One Sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ค่าที่ แบบ One Sample t-test ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (31.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Post.Model	41	39.54	4.572	.714

One-Sample Test

	Test Value = 31.5					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Post.Model	11.255	40	.000	8.037	6.59	9.48

ภาคผนวก ค

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- ภาพตัวอย่างแบบจำลองและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

(แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รหัส/ชื่อวิชา ว33222 เคมี 5 **รายวิชา** ☐ พื้นฐาน ☑ เพิ่มเติม **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เคมีอินทรีย์ 1 **เรื่อง** พันธะของคาร์บอน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 **เวลา** 3 **ชั่วโมง**

---

1. สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

2. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

3. ผลการเรียนรู้

1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้

4. สาระสำคัญ

คาร์บอน (C) เป็นธาตุในหมู่ IVA มี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน โดยทั่วไปจึงเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมข้างเคียง 4 พันธะเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต พันธะที่เกิดขึ้นอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม การเชื่อมต่อกันระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารอินทรีย์ จึงมีการเขียนในลักษณะของสูตรโครงสร้าง ได้แก่ สูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K : Knowledge Assessment)

1. อธิบายความหมายของสารประกอบอินทรีย์ได้
2. อธิบายการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอน และธาตุอื่น ๆ ในสารประกอบอินทรีย์ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P : Performance Assessment)

1. เขียนสูตรของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้
2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้
3. สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้

3. ด้านคุณลักษณะ (A : Authentic Assessment)

1. ความมีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน
4. ความรับผิดชอบ

6. สาระการเรียนรู้

สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยที่ธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม กับธาตุคาร์บอน หรือธาตุอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และแฮโลเจนได้ และการสร้างพันธะอาจต่อเนื่องกันไปได้เรื่อย ๆ ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก

สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์เป็นสูตรที่แสดงการจัดเรียงอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่ใน 1 โมเลกุลของสารนั้น โดยมีทั้งการเขียนสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม

7. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ 1. ความสามารถในการสื่อสาร
☑ 2. ความสามารถในการคิด
☑ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
☑ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

8. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ อยู่อย่างพอเพียง
☐ ซื่อสัตย์ สุจริต ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
☑ มีวินัย ☐ รักความเป็นไทย
☑ ใฝ่เรียนรู้ ☑ มีจิตสาธารณะ

9. กระบวนการจัดการเรียนรู้ ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (20 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์โดยใช้คำถามว่า

- พันธะโคเวเลนต์คืออะไร (แนวคำตอบ : พันธะเคมีที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดได้กับธาตุที่มีสมบัติเป็นอโลหะ กับ อโลหะ)

- พันธะโคเวเลนต์มีลักษณะอย่างไรบ้าง และความยาวพันธะเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ : พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ความยาวพันธะ พันธะเดี่ยวยาวที่สุดและสั้นลงเรียงตามลำดับ)

2. ครูสร้างสถานการณ์ยกตัวอย่างสารประกอบโคเวเลนต์ชนิดสารประกอบอินทรีย์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แก๊สมีเทน (CH_4), เมทิลแอลกอฮอล์ (CH_3OH), น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- โมเลกุลที่ยกตัวอย่างยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะใด (แนวคำตอบ : พันธะโคเวเลนต์)

- โมเลกุลจากตัวอย่างทั้งหมดประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง (แนวคำตอบ : คาร์บอน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน)

- องค์ประกอบหลักที่ควรจะต้องมีในสารประกอบอินทรีย์คือธาตุใด (แนวคำตอบ : คาร์บอน)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากแนวคำตอบที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียนในหัวข้อสารประกอบอินทรีย์ว่านักเรียนคิดว่าหมายถึงอะไร (แนวคำตอบ : เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ) โดยครูยังไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้อง

4. ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์ตามใบงานที่ 1.1 เรื่อง สูตรโมเลกุลและโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (60 นาที)

1. ครูเชื่อมโยงการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เข้าสู่การสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์ โดยแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุลักษณะการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของแต่ละธาตุในสารประกอบอินทรีย์จากความรู้เดิม หรือศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ อินเตอร์เน็ตหรือหนังสือ (แนวคำตอบ : คาร์บอน มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นได้อีก 4 อิเล็กตรอน, ไฮโดรเจน มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นได้อีก 1 อิเล็กตรอน ฯลฯ)

3. นักเรียนนำแบบจำลองทางความคิดในขั้นที่ 1 มาสร้างเป็นแบบจำลองโมเลกุลสามมิติโดยใช้โมเดลจาก 3D-Printer ตามใบงานที่ 1.2 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

4. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer กลุ่มละ 1 ชุด

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยครูมีหน้าที่อำนวยความสะดวกและคอยให้คำแนะนำแก่นักเรียนในระหว่างการสร้างแบบจำลองหากนักเรียนมีข้อสงสัย

6. ครูให้นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบโคเวเลนต์ที่ได้ศึกษาในช่วงต้นชั่วโมง มาเขียนอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ว่ามีหลักการหรือแนวคิดอย่างไรที่สอดคล้องกับโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ชนิดนี้ แล้วบันทึกลงในใบงานที่ 1.2

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง (40 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง กลุ่มละ 2-3 นาที จนครบทุกกลุ่ม

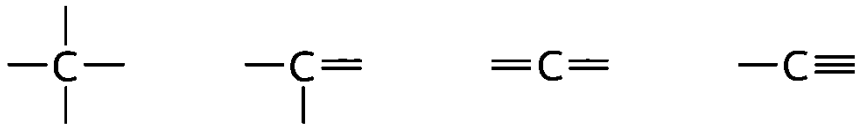
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในแต่ละกลุ่ม จากนั้นครูให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองออกมาสมบูรณ์ที่สุด

4. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (20 นาที)

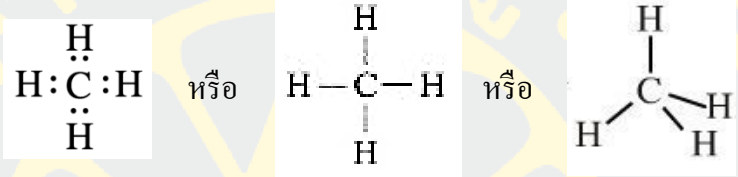
1. นักเรียนนำแนวการสร้างแบบจำลองจากการอภิปรายร่วมกัน และข้อเสนอแนะของครูมาแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้สมบูรณ์ และปรับปรุงการอธิบายหลักการหรือแนวคิดให้ถูกต้อง ดังนี้

แบบจำลองสามมิติ จะเป็นแบบจำลองอะตอมของธาตุในโมเลกุล ที่มีการจัดเรียงตัวในลักษณะ 3 มิติตามความเป็นจริง โดยสร้างจากแบบจำลองทางความคิด ที่นักเรียนได้เขียนสูตรโครงสร้างของลิวอิสไว้ ซึ่งเป็นสูตรที่แสดงตำแหน่งและลักษณะการสร้างพันธะของแต่ละอะตอมภายในโมเลกุลโดยใช้เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของอะตอมที่สร้างพันธะกัน ทำให้มีเวเลนซ์

อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต และการสร้างพันธะเป็นได้หลายรูปแบบ อาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม



เช่น คาร์บอน 1 อะตอม ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกับไฮโดรเจน 4 อะตอม เกิดเป็นมีเทน (CH_4) เขียนโครงสร้างลิวอิส แสดงได้ดังนี้



เมื่อนำโครงสร้างของลิวอิสมาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดแล้ว สามารถนำมาแสดงการจัดเรียงตัวในรูปของ 3 มิติ จากแบบจำลองได้

ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ
มีเทน	CH_4		

เมื่อพิจารณาแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติในตาราง จะพบว่าการจัดเรียงตัวของธาตุส่วนใหญ่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน เนื่องจากถูกกำหนดโดยทิศทางของพันธะรอบอะตอมของคาร์บอน ซึ่งต้องจัดเรียงตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด

- CH_4 จะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 109.5° และมีรูปร่างแบบทรงสี่หน้า

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (40 นาที)

1. นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมในการเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อ และแบบเส้นและมุม จากใบความรู้ที่ 1

2. ครูให้นักเรียนนำแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจากใบงานที่ 1.2 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด มาเขียนเป็นโครงสร้างแบบย่อ และแบบเส้นและมุม ใน

ใบงานที่ 1.3 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ โดยหากนักเรียนทำไม่เสร็จในชั่วโมงเรียนให้นำกลับไปทำเป็นการบ้านแล้วส่งในชั่วโมงเรียนต่อไป

10. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 สสวท
2. หนังสือ CHEMISTRY โดย Raymond Chang
3. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์
4. ใบงานที่ 1.1 เรื่อง สูตรโมเลกุลและโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด
5. ใบงานที่ 1.2 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด
6. ใบงานที่ 1.3 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ
7. ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer

2. แหล่งเรียนรู้

1. ข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

11. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. อธิบายความหมายของสารประกอบอินทรีย์ได้ 2. อธิบายการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอน และธาตุอื่น ๆ ในสารประกอบอินทรีย์ได้	- ตรวจใบงานที่ 1.1 เรื่อง สูตรโมเลกุลและโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด	- ใบงานที่ 1.1 เรื่อง สูตรโมเลกุลและโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด	- นักเรียนตอบคำถามในใบงานได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 1. เขียนสูตรของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้ 2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้ 3. สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้	- ตรวจใบงานที่ 1.2 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด - ตรวจใบงานที่ 1.3 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ - การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- ใบงานที่ 1.2 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด - ใบงานที่ 1.3 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ - แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนเขียนสูตรของสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 - นักเรียนเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 - นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ความมีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน 4. ความรับผิดชอบ	- การสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน	- แบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ)

ตำแหน่ง ครู

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

แบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง ให้ผู้สอนประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน จากการสังเกตในระหว่างเรียนหรือขณะปฏิบัติกิจกรรมโดยขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**ปานกลาง (3)**	**พอใช้ (2)**	**ปรับปรุง (1)**
1. ความมีวินัย					
2. ใฝ่เรียนรู้					
3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน					
4. ความรับผิดชอบ					
รวม					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การประเมิน	
คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
17-20	ดีมาก
13-16	ดี
10-12	ปานกลาง
7-9	พอใช้
4-6	ปรับปรุง

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	ดีมาก (3)	**ดี (2)**	**พอใช้ (1)**	**ปรับปรุง (0)**
1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด				
2. การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติ จาก 3D Printer				
3. การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ ทางวิทยาศาสตร์				
รวม				

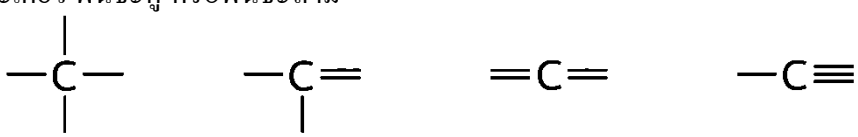
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ)

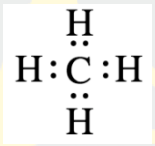
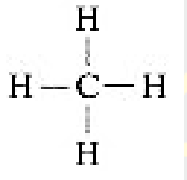
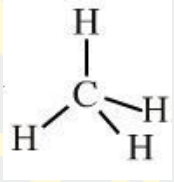
เกณฑ์การประเมิน	
คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
8-9	ดีมาก
6-7	ดี
4-5	ปานกลาง
2-3	พอใช้
0-1	ปรับปรุง

ใบความรู้ที่ 1
เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

คาร์บอน (C) เป็นธาตุในหมู่ IVA หรือหมู่ 14 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่น ๆ อีก 4 อิเล็กตรอน เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ได้ 4 พันธะ ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต และการสร้างพันธะของคาร์บอนเป็นได้หลายรูปแบบ อาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม

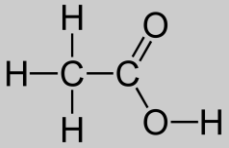


เช่น คาร์บอน 1 อะตอม ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกับไฮโดรเจน 4 อะตอม เกิดเป็นมีเทน (CH_4) เขียนโครงสร้างลิวอิส แสดงได้ดังนี้

 หรือ  หรือ 

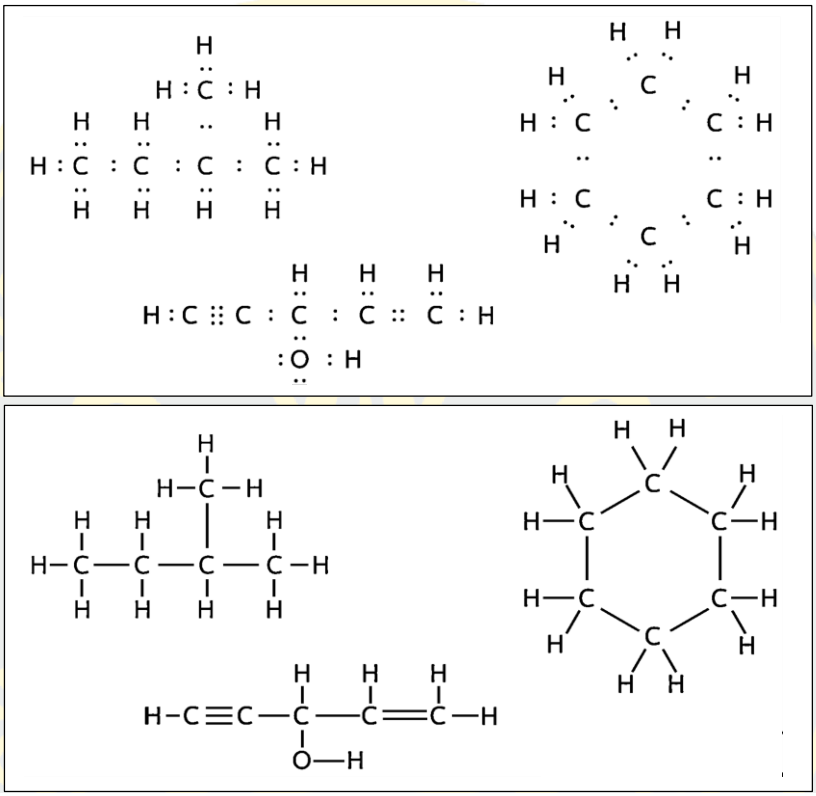
อะตอมคาร์บอนในโมเลกุลจะเรียงต่อกันเป็นสายเสมือนเป็นแกนหลักของโมเลกุล เรียกว่า โซ่คาร์บอน (carbon chain) โดยอาจมีอะตอมของธาตุอื่น ๆ เช่น N หรือ O มาต่อแทรกในโซ่ก็ได้ โซ่คาร์บอนนี้มีตั้งแต่สายสั้นไปจนสายยาว หรืออาจม้วนต่อกันเป็นวง (carbon ring) ก็ได้ และอาจมีกิ่งสาขาเป็นโซ่คาร์บอนสั้น ๆ เกาะบนโซ่หลักก็ได้เช่นกัน

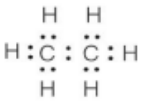
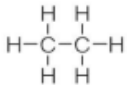
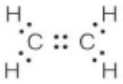
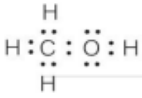
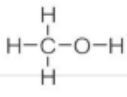
การเขียนแสดงธาตุองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้าง

สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง
$C_2H_4O_2$	
กรดแอซีติก	กรดแอซีติก
สูตรโมเลกุล เป็นสูตรที่แสดงชนิดและจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบภายในโมเลกุล	**สูตรโครงสร้าง** เป็นสูตรที่แสดงตำแหน่งและลักษณะการสร้างพันธะของแต่ละอะตอมภายในโมเลกุล

สูตรโครงสร้างสามารถเขียนได้ 3 แบบ ดังนี้

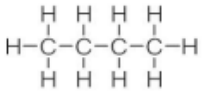
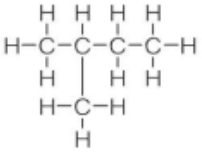
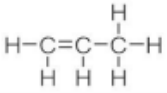
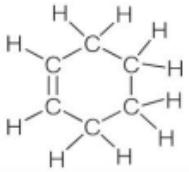
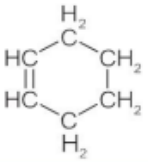
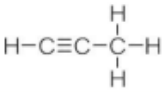
1. สูตรโครงสร้างแบบลิวอิส (Lewis structural formula) เป็นโครงสร้างที่แสดงการสร้างพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลสารประกอบอินทรีย์โดยใช้จุดแทนเวเลนซ์อิเล็กตรอน และเมื่ออะตอมสร้างพันธะกันแล้ว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอาจแสดงเป็นจุดคู่หรือเส้น (–) ก็ได้



ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส		
อีเทน	C_2H_6		หรือ	
อีทีน	C_2H_4		หรือ	
อีไทน์	C_2H_2		หรือ	H–C≡C–H
เมทานอล	CH_4O		หรือ	

สำหรับสารประกอบอินทรีย์ที่โมเลกุลใหญ่ การเขียนโครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงโมเลกุลของสารเหล่านั้นทำได้ไม่สะดวก จึงมักเขียนแทนด้วยสูตรโครงสร้างแบบย่อ

2. สูตรโครงสร้างแบบย่อ (condensed structural formula) เป็นโครงสร้างที่แสดงเฉพาะพันธะคู่หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน ส่วนอะตอมของธาตุอื่นที่สร้างพันธะกับอะตอมของคาร์บอน ให้เขียนไว้ข้างอะตอมของคาร์บอนโดยไม่ต้องแสดงพันธะ แล้วเขียนตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมกำกับไว้ ถ้ามีกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันมากกว่าหนึ่งหมู่ ให้เขียนไว้ในวงเล็บ แล้วระบุจำนวนกลุ่มอะตอมกำกับไว้เช่นเดียวกัน

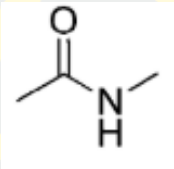
ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง	
		โครงสร้างลิวอิส	โครงสร้างแบบย่อ
บิวเทน	C_4H_{10}		$CH_3CH_2CH_2CH_3$ หรือ $CH_3(CH_2)_2CH_3$
2–เมทิลบิวเทน	C_5H_{12}		$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$
โพรพีน	C_3H_6		$CH_2=CHCH_3$
ไซโคลเฮกซีน	C_6H_{10}		
โพรไพน์	C_3H_4		$CH{\equiv}CCH_3$

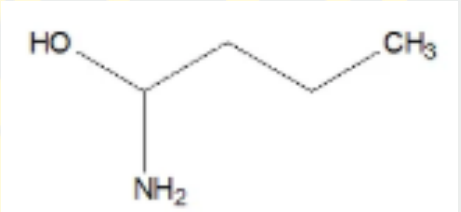
3. สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม (bond-line structural formula) เป็นโครงสร้างที่จำลองโครงสร้างโมเลกุลตามการจัดเรียงตัวจริง ๆ ในแบบสามมิติ ช่วยให้เห็นภาพรวมทั้งโมเลกุลได้เร็วขึ้น มีหลักการเขียนโดย

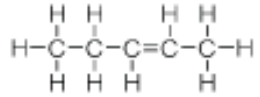
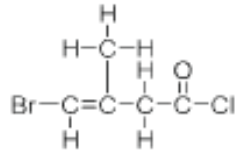
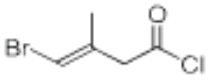
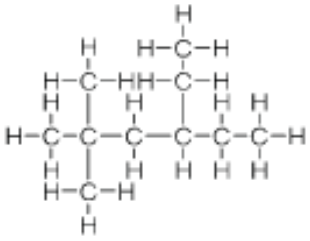
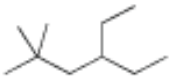
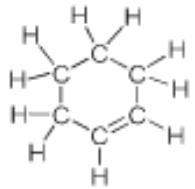
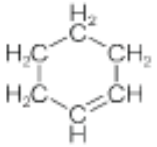
ใช้เส้นตรงแทนพันธะระหว่างคาร์บอน ในลักษณะซิกแซกตามจำนวนพันธะในโซ่คาร์บอนโดยไม่ต้องแสดงอะตอมของไฮโดรเจน (ดูจำนวนไฮโดรเจนจากการครบออกเตตของคาร์บอนในแต่ละอะตอม) เช่น เฮกเซน (C_6H_{14}) มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม

พันธะคู่ระหว่างคาร์บอน (C=C) ให้เขียนด้วยเส้นคู่ พันธะสามระหว่างคาร์บอนให้เขียนด้วยเส้น 3 เส้น และต้องระวังมุมพันธะเมื่อเขียนพันธะสาม เพราะอะตอมคาร์บอนที่ต่อพันธะสามจะเรียงกันเป็นแนวเส้นตรง

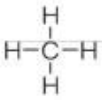
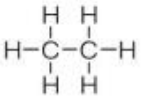
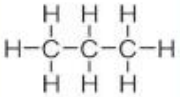
อะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่คาร์บอน (C) และ ไฮโดรเจน (H) ต้องเขียนแสดงอะตอมของธาตุนั้น เช่น ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), คลอรีน (Cl), โบรมีน (Br) หรือ กำมะถัน (S) และหากอะตอมเหล่านี้สร้างพันธะกับไฮโดรเจน ให้แสดงอะตอมของไฮโดรเจนที่ติดกับธาตุนั้น ๆ ได้





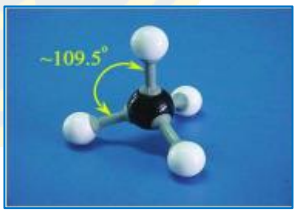
สูตรโครงสร้าง		
โครงสร้างลิวอิส	โครงสร้างแบบย่อ	โครงสร้างแบบเส้นและมุม
	$CH_3CH_2CH{=}CHCH_3$	
	CH_3 $BrCH{=}CCH_2COCl$ หรือ $BrCH{=}C(CH_3)CH_2COCl$	
	$(CH_3)_3CCH_2CH(CH_2CH_3)_2$	
		

การเขียนสูตรโครงสร้างแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 แบบ เป็นการแสดงการจัดเรียงตัวของอะตอมที่ประกอบกันเป็นโมเลกุลในลักษณะ 2 มิติ แต่ความเป็นจริง อะตอมของธาตุในโมเลกุลจะมีการจัดเรียงตัวในลักษณะ 3 มิติ ดังตัวอย่าง

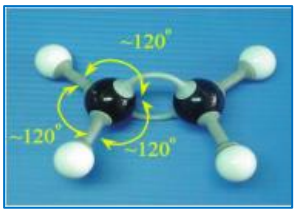
ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ
มีเทน	CH_4		
อีเทน	C_2H_6		
โพรเพน	C_3H_8		

เมื่อพิจารณาแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติในตาราง จะพบว่าการจัดเรียงตัวของธาตุส่วนใหญ่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน เนื่องจากถูกกำหนดโดยทิศทางของพันธะรอบอะตอมของคาร์บอน ซึ่งต้องจัดเรียงตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด เช่น

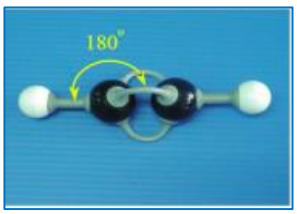
- CH_4 จะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 109.5º และมีรูปร่างแบบทรงสี่หน้า

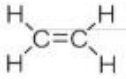
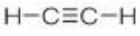
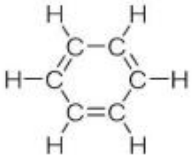
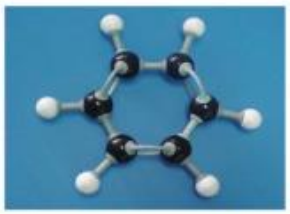


- C_2H_4 เป็นโมเลกุลที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ จะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 120º และมีรูปร่างแบบสามเหลี่ยมแบนราบ



- C_2H_2 เป็นโมเลกุลที่มีพันธะสาม 1 พันธะ จะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 180º และมีรูปร่างแบบเส้นตรง



ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ
อีทีน	C_2H_4		
อีไทน์	C_2H_2		
เบนซีน	C_6H_6		

BURAPHA UNIVERSITY

ใบงานที่ 1.1

เรื่อง สูตรโมเลกุลและโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. สารประกอบอินทรีย์ (organic compound) คือ .....

2. สารประกอบอินทรีย์มีธาตุใดเป็นองค์ประกอบ.....

3. สารประกอบอินทรีย์ ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะ.....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องว่างให้ถูกต้อง

ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	
		แบบจุด	แบบเส้น
บิวเทน	C_4H_{10}		
เฮกเซน	C_6H_{14}		
โนเนน	C_9H_{20}		
อีทีน	C_2H_4		
โพรพีน	C_3H_6		
เฮปไทน์	C_7H_{12}		
เพนไทน์	C_5H_8		

ใบงานที่ 1.2

เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

ให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องว่างให้ถูกต้อง

ชื่อสาร	โครงสร้างลิวอิส	แบบจำลองโมเลกุลสามมิติ	หลักการหรือแนวคิดของโครงสร้าง
บิวเทน			....
เฮกเซน			....
โนเนน			....
อีทีน			....
โพรพีน			....
เฮปไทน์			....
เพนไทน์			....

ใบงานที่ 1.3

เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ

ให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องว่างให้ถูกต้อง

ชื่อสาร	สูตรโครงสร้าง		
	โครงสร้างลิวอิส	โครงสร้างแบบย่อ	โครงสร้างแบบเส้นและมุม
บิวเทน			
เฮกเซน			
โนเนน			
อีทีน			
โพรพีน			
เฮปไทน์			
เพนไทน์			

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิสของ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงโครงสร้างของ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลองถึงการเกิดพันธะในโมเลกุลของแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนว่ามีลักษณะการเกิดเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รหัส/ชื่อวิชา ว33222 เคมี 5 **รายวิชา** ☐ พื้นฐาน ☑ เพิ่มเติม **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เคมีอินทรีย์ 1 **เรื่อง** พันธะของคาร์บอน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 **เวลา** 3 **ชั่วโมง**

---

1. สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

2. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

3. ผลการเรียนรู้

1. เขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้

4. สาระสำคัญ

คาร์บอน (C) เป็นธาตุในหมู่ IVA มี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน โดยทั่วไปจึงเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมข้างเคียง 4 พันธะเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต พันธะที่เกิดขึ้นอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม การเชื่อมต่อกันระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารอินทรีย์ จึงมีการเขียนในลักษณะของสูตรโครงสร้าง ได้แก่ สูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายความหมายของสารประกอบอินทรีย์ได้
2. อธิบายการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอน และธาตุอื่น ๆ ในสารประกอบอินทรีย์ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

1. เขียนสูตรของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้
2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้

3. ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ความมีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน
4. ความรับผิดชอบ

6. สาระการเรียนรู้

สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยที่ธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม กับธาตุคาร์บอน หรือธาตุอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และแฮโลเจนได้ และการสร้างพันธะอาจต่อเนื่องกันไปได้เรื่อย ๆ ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก

สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์เป็นสูตรที่แสดงการจัดเรียงอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่ใน 1 โมเลกุลของสารนั้น โดยมีทั้งการเขียนสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม

7. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ☑ 1. ความสามารถในการสื่อสาร
- ☑ 2. ความสามารถในการคิด
- ☑ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
- ☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- ☑ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

8. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- ☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- ☐ ซื่อสัตย์ สุจริต
- ☑ มีวินัย
- ☑ ใฝ่เรียนรู้
- ☐ อยู่อย่างพอเพียง
- ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
- ☐ รักความเป็นไทย
- ☑ มีจิตสาธารณะ

9. กระบวนการจัดการเรียนรู้ ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (20 นาที)

1. ครูอธิบายรายละเอียดเนื้อหาที่จะเรียนในหน่วยนี้ และชี้แจงเงื่อนไขการให้คะแนน พร้อมทั้งแจ้งข้อตกลงในการส่งงานทุกชิ้น

2. ครูสุ่มสอบถามนักเรียนว่าช่วงหยุดเรียนที่ผ่านมา ไปทำอะไรบ้าง มีใครได้ทบทวนเนื้อหาเดิมที่เรียนแล้ว หรืออ่านหนังสือล่วงหน้าเรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้วบ้าง

3. ครูให้นักเรียนลองตอบคำถามว่า เรื่องที่กำลังจะเรียน คือ เคมีอินทรีย์ ต้องใช้เนื้อหาเดิมในเรื่องใดบ้างในการเรียน (แนวคำตอบ : พันธะเคมี)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง พันธะของคาร์บอน ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

5. ครูนำอภิปรายถึงการแบ่งประเภทของสารที่พบในชีวิตประจำวัน ความหมายของสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ว่าเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบของคาร์บอน ยกเว้น สารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอนบางชนิด เช่น สารประกอบออกไซด์ คาร์บอเนต และไฮโดรเจนคาร์บอเนต

6. ครูแจ้งให้นักเรียนทราบเรื่องที่จะศึกษาในวันนี้ว่าเป็นเรื่อง พันธะของคาร์บอน โดยจะเน้นในเรื่องของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (60 นาที)

1. นักเรียนทบทวนเรื่องสารประกอบของคาร์บอนให้มีความเข้าใจตรงกัน โดยซักถามนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ แล้วนำมาสรุปผลที่ศึกษาบนกระดานตามหัวข้อต่อไปนี้

- โมเลกุลในสารประกอบของคาร์บอนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะใด (แนวคำตอบ : พันธะโคเวเลนต์)

- พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม มีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ : พันธะเดี่ยวใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่, พันธะคู่ 2 คู่ และพันธะสาม 3 คู่)

- โมเลกุลในสารประกอบของคาร์บอนที่ได้ศึกษาในหนังสือ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง (แนวคำตอบ : คาร์บอน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน)

- องค์ประกอบหลักที่ควรจะต้องมีในสารประกอบอินทรีย์คือธาตุใด (แนวคำตอบ : คาร์บอน)

- กลุ่มของสารประกอบคาร์บอนที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เรียกว่าสารประกอบใด (แนวคำตอบ : สารประกอบไฮโดรคาร์บอน)

2. นักเรียนศึกษาเนื้อหา เรื่อง พันธะของคาร์บอน จากหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 หรือสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เน้นให้นักเรียนตั้งใจทำความเข้าใจในเนื้อหาให้ดี และอภิปรายร่วมกันหลังศึกษาจากหนังสือเรียน

3. นักเรียนศึกษาหลักการเขียนสูตรและโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม และทำแบบฝึกหัดที่ 11.1 ในหนังสือเรียน ข้อที่ 1-3 ในหน้า 12-13

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (40 นาที)

1. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย เพื่อสรุปสาระสำคัญของสารประกอบของคาร์บอน และพันธะของคาร์บอน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์อีกครั้ง แล้วให้นักเรียนจดบันทึกผลการอภิปรายรวมทั้งสรุปเป็นแผนผังความคิดลงในใบงานจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้ เรื่อง พันธะของคาร์บอน

2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง พันธะของคาร์บอน ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

4. ขั้นขยายความรู้ (20 นาที)

1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ศึกษาเพิ่มเติม นอกเหนือจากในหนังสือมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้เพื่อนกลุ่มอื่นโดยแบ่งกลุ่มเนื้อหาเป็น 2 ประเภท คือ เนื้อหาที่เคยได้เรียนมาแล้ว ต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องนี้ และเนื้อหาที่กำลังจะเรียนในครั้งต่อ ๆ ไป

5. ขั้นประเมิน (40 นาที)

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง พันธะของคาร์บอน ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

2. ครูเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พร้อมทั้งอธิบาย

3. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้เพิ่มเติมและศึกษาเนื้อหา เรื่อง ไอโซเมอริซึม ที่จะเรียนในชั่วโมงต่อไปมาล่วงหน้า จากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ซึ่งถ้าสืบค้นข้อมูลได้นอกเหนือจากในบทเรียน จะได้คะแนนเพิ่มเติม

10. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 สสวท
2. แบบทดสอบก่อน – หลังเรียน เรื่อง พันธะของคาร์บอน
3. ใบงานจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้ เรื่อง พันธะของคาร์บอน
4. แบบฝึกหัดที่ 11.1 ในหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5

2. แหล่งเรียนรู้

1. ข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

11. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. อธิบายความหมายของสารประกอบอินทรีย์ได้ 2. อธิบายการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอน และธาตุอื่น ๆ ในสารประกอบอินทรีย์ได้	- ตรวจแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน เรื่อง พันธะของคาร์บอน - ตรวจใบงานจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้ เรื่อง พันธะของคาร์บอน	- แบบทดสอบก่อน – หลังเรียน เรื่อง พันธะของคาร์บอน - ใบงานจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้ เรื่อง พันธะของคาร์บอน	- นักเรียนทำแบบทดสอบก่อน – หลังเรียนได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 - นักเรียนเขียนใบงานจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้ เรื่อง พันธะของคาร์บอนได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 1. เขียนสูตรของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้ 2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุมได้	- ตรวจแบบฝึกหัดที่ 11.1 ในหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5	- แบบฝึกหัดที่ 11.1 ในหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5	- นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 11.1 ในหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ความมีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน 4. ความรับผิดชอบ	- การสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน	- แบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ)

ตำแหน่ง ครู

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

แบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง ให้ผู้สอนประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน จากการสังเกตในระหว่างเรียนหรือขณะปฏิบัติกิจกรรมโดยขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**ปานกลาง (3)**	**พอใช้ (2)**	**ปรับปรุง (1)**
1. ความมีวินัย					
2. ใฝ่เรียนรู้					
3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน					
4. ความรับผิดชอบ					
รวม					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การประเมิน	
คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
17-20	ดีมาก
13-16	ดี
10-12	ปานกลาง
7-9	พอใช้
4-6	ปรับปรุง

ใบจดบันทึกและสรุปแผนผังความรู้

เรื่อง .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

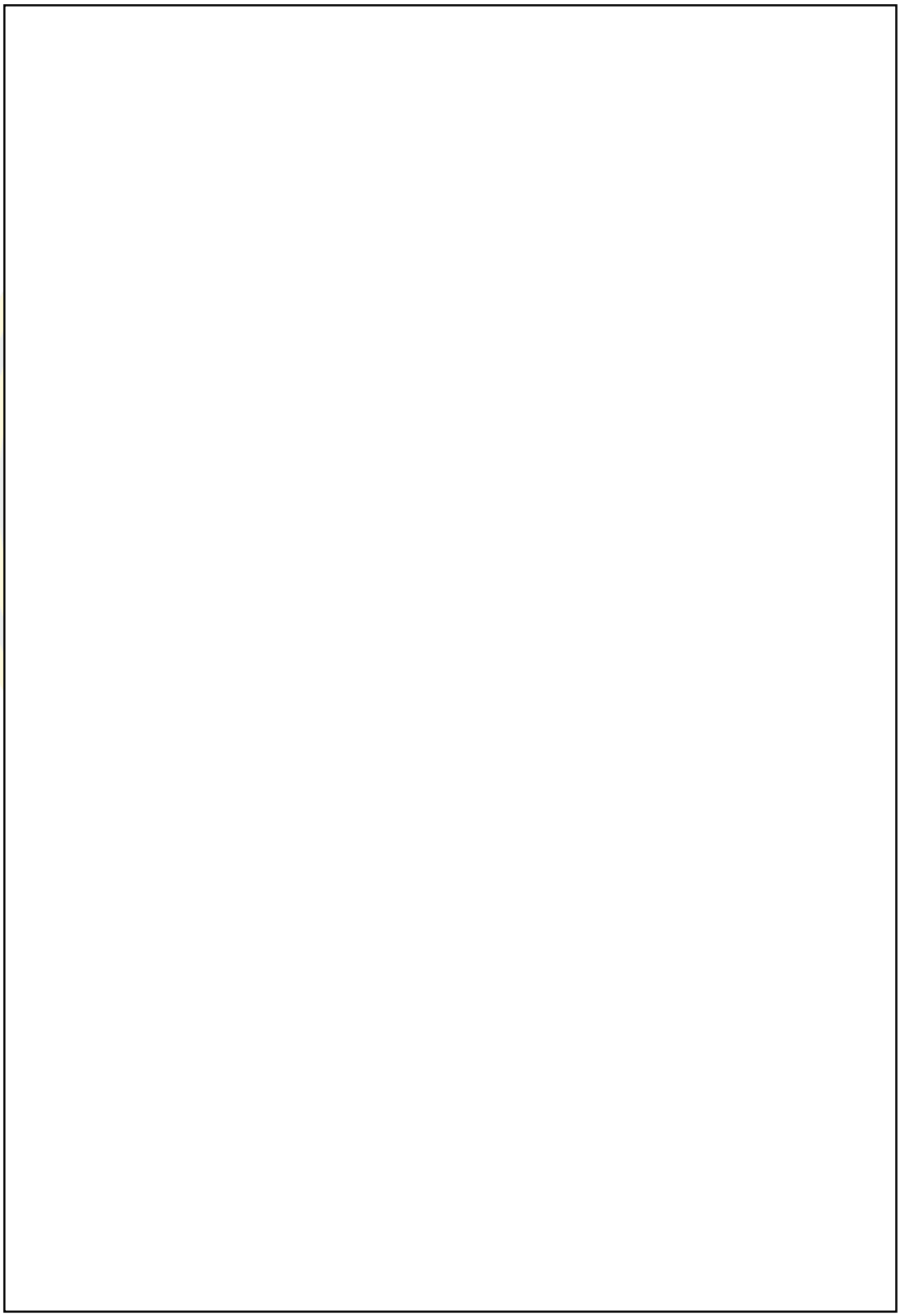
.....

.....

.....

แผนผังความรู้

เรื่อง .....



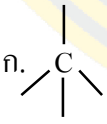
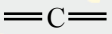
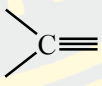
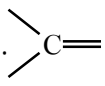
แบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่อง พันธะของคาร์บอน

คำชี้แจง

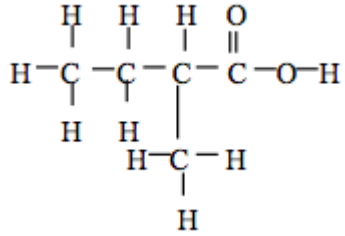
1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาทดสอบ 10 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านแบบทดสอบด้วยความรอบคอบ แล้วตอบคำถาม โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงในกระดาษคำตอบ

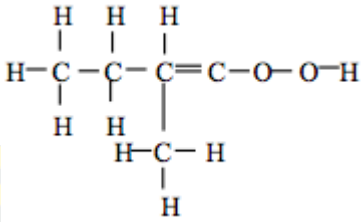
---

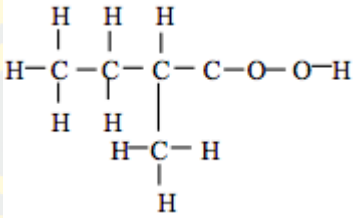
1. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้อง
   ก. สารประกอบทุกชนิดที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ
   ข. สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลัก
   ค. สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
   ง. สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตและสังเคราะห์ขึ้น
2. สารประกอบในข้อใดจัดเป็นสารประกอบอินทรีย์
   ก. แคลเซียมคาร์ไบด์ ข. น้ำตาลทราย (ซูโครส)
   ค. ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต) ง. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
3. สารในข้อใดเป็นสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิด
   ก. $HCOOH$, H_2CO_3 , C_2H_4 ข. CH_3OH , CS_2 , HCN
   ค. $C_6H_{12}O_6$, CH_3NH_2 , CH_4 ง. CH_3OCH_3 , CCl_4 , CO_2
4. ข้อใดแสดงการเกิดพันธะของคาร์บอนไม่ถูกต้อง

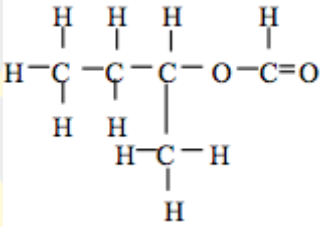
ก.  ข.  ค.  ง. 

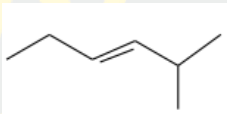
5. จงเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบ $CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCOOH$

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

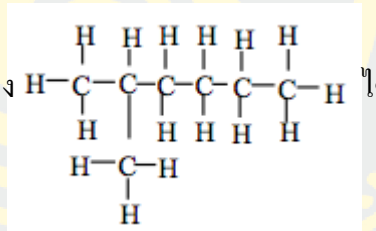
6. ข้อใดเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อของ  ได้ถูกต้อง

ก. $CH_3CH_2CH{=}CHCH_2(CH_3)$

ข. $CH_3CH_2CH{=}CHCH_3CH_2CH_3$

ค. $CH_3CH_2CH{=}CH(CH_2)_2CH_3$

ง. $CH_3CH_2CH{=}CHCH(CH_3)_2$

7. ข้อใดเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อของ  ได้ถูกต้อง

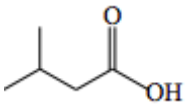
ก. $(CH_3)_2CHCH_3(CH_2)_3$

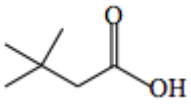
ข. $CH_3CHCH_3(CH_2)_3CH_3$

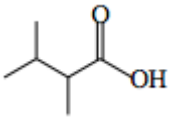
ค. $(CH_3)_2CH(CH_2)_3CH_3$

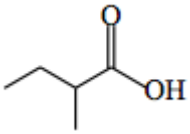
ง. $(CH_3)_3CH(CH_2)_3$

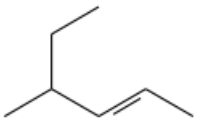
8. ข้อใดคือโครงสร้างแบบเส้นและมุมของ $(CH_3)_2CHCH_2COOH$

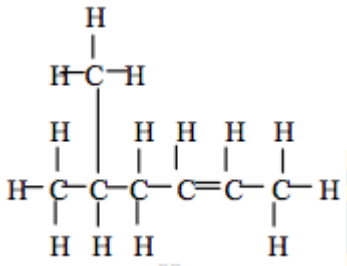
ก. 

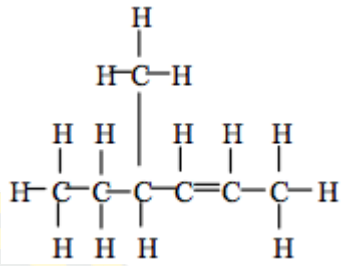
ข. 

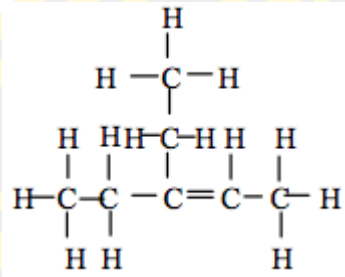
ค. 

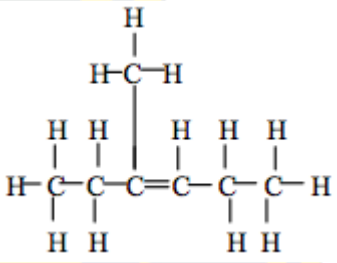
ง. 

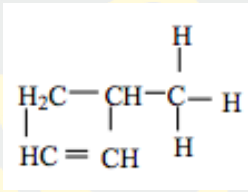
9. ข้อใดเขียนโครงสร้างลิวอิสของ  ได้ถูกต้อง

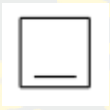
ก. 

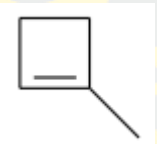
ข. 

ค. 

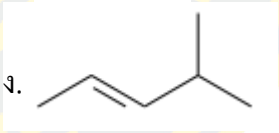
ง. 

10. ข้อใดต่อไปนี้เป็นโครงสร้างแบบเส้นและมุมของ 

ก. 

ข. 

ค.

ง. 

แบบทดสอบหลังเรียน

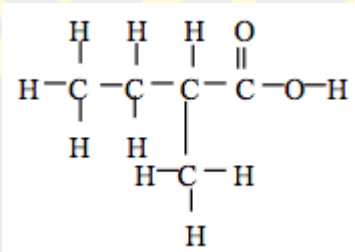
เรื่อง พันธะของคาร์บอน

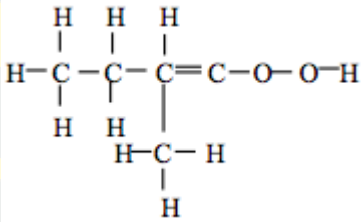
คำชี้แจง

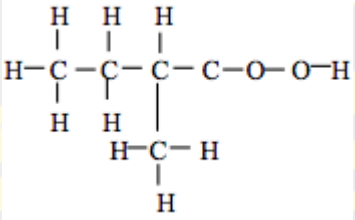
1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาทดสอบ 10 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านแบบทดสอบด้วยความรอบคอบ แล้วตอบคำถาม โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงในกระดาษคำตอบ

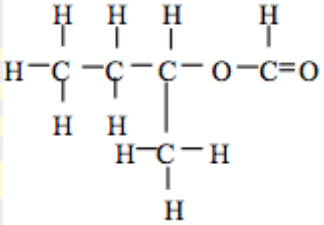
---

1. จงเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบ $CH_3CH_2CH(CH_3)COOH$

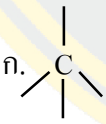
ก. 

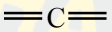
ข. 

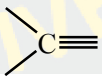
ค. 

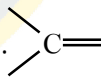
ง. 

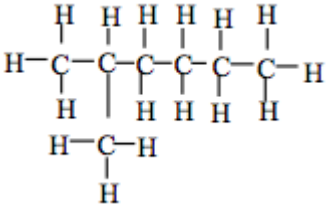
2. ข้อใดแสดงการเกิดพันธะของคาร์บอนไม่ถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

3. ข้อใดเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อของ  ได้ถูกต้อง

ก. $(CH_3)_2CHCH_3(CH_2)_3$

ข. $CH_3CHCH_3(CH_2)_3CH_3$

ค. $(CH_3)_2CH(CH_2)_3CH_3$

ง. $(CH_3)_3CH(CH_2)_3$

4. สารประกอบในข้อใดจัดเป็นสารประกอบอินทรีย์

ก. แคลเซียมคาร์ไบด์

ข. น้ำตาลทราย (ซูโครส)

ค. ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต)

ง. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

5. สารในข้อใดเป็นสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิด

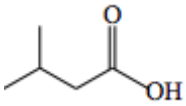
ก. $HCOOH$, H_2CO_3 , C_2H_4

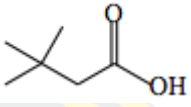
ข. CH_3OH , CS_2 , HCN

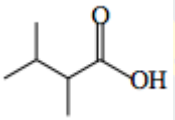
ค. $C_6H_{12}O_6$, CH_3NH_2 , CH_4

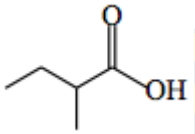
ง. CH_3OCH_3 , CCl_4 , CO_2

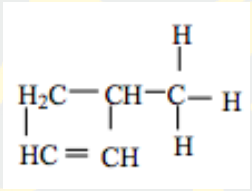
6. ข้อใดคือโครงสร้างแบบเส้นและมุมของ $(CH_3)_2CHCH_2COOH$

ก. 

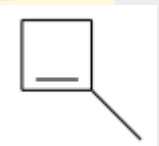
ข. 

ค. 

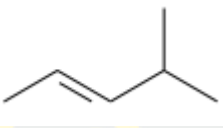
ง. 

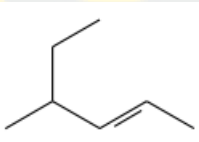
7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นโครงสร้างแบบเส้นและมุมของ 

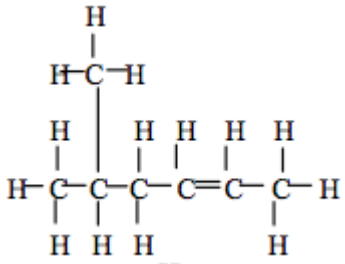
ก.

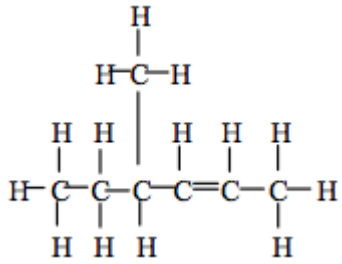
ข. 

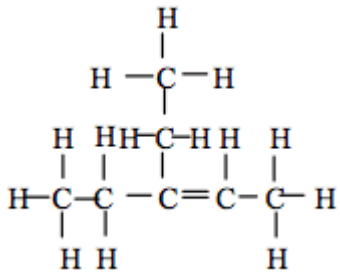
ค.

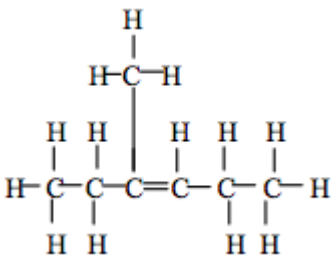
ง. 

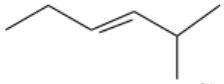
8. ข้อใดเขียนโครงสร้างลิวอิสของ  ได้ถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

9. ข้อใดเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อของ  ได้ถูกต้อง

ก. $CH_3CH_2CH=CHCH_2(CH_3)$ ข. $CH_3CH_2CH=CHCH_3CH_2CH_3$

ค. $CH_3CH_2CH=CH(CH_2)_2CH_3$ ง. $CH_3CH_2CH=CHCH(CH_3)_2$

10. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้อง

ก. สารประกอบทุกชนิดที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

ข. สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลัก

ค. สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น

ง. สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตและสังเคราะห์ขึ้น

เฉลยแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน
เรื่อง พันธะของคาร์บอน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน		เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	
ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ง	1	ก
2	ข	2	ค
3	ค	3	ค
4	ค	4	ข
5	ก	5	ค
6	ง	6	ก
7	ค	7	ค
8	ก	8	ข
9	ข	9	ง
10	ค	10	ง

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

รายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 33222

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ในการทำแบบทดสอบสำหรับนักเรียน

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ใช้ในการวัดองค์ประกอบทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม, ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีทั้งหมด 5 ข้อ แต่ละข้อใช้เวลาในการทำ 10 นาที รวมเวลา 50 นาที

3. ทำทุกข้อ เมื่อนักเรียนได้ยินเสียงสัญญาณหมดเวลา ให้หยุดทำข้อสอบข้อนั้นทันที แล้วเริ่มทำข้อถัดไป

4. เนื่องจากระยะเวลาจำกัด นักเรียนควรคิดให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับนี้ ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน

ข้อที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

สามสาว powerpuff girls ได้รับภารกิจโดยเป็นตัวแทนของ โครงสร้างลิวอิส / โครงสร้างแบบย่อ / โครงสร้างแบบเส้นและมุม มาขอความช่วยเหลือ ให้นักเรียนช่วยเหลือ powerpuff girl ทั้งสาม โดยการ <u>เขียนสูตรโครงสร้างที่ถูกต้องตามภารกิจที่ได้รับมอบหมายจากสูตรโมเลกุลที่กำหนดให้</u> (10 นาที) (ความคิดคล่องแคล่ว)

สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	โครงสร้างแบบย่อ	โครงสร้างแบบเส้นและมุม
C_4H_{10}			
C_3H_6			
C_3H_4			
CH_3OH			
C_3H_6O			

ข้อที่ 2 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

เมื่อให้ก้านไม้ขีดไฟ แทนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม ของสารประกอบอินทรีย์ที่มี คาร์บอน 7 อะตอม และไฮโดรเจน 16 อะตอม ดังภาพ

นักเรียนสามารถเปลี่ยนตำแหน่งของไม้ขีดไฟเป็นไอโซเมอร์ของสารประกอบนี้ได้กี่รูปแบบ จงวาดลักษณะการวางของไม้ขีดไฟ (10 นาที) (ความคิดยืดหยุ่น)

ข้อที่ 3 เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

สองพี่น้องชิพกับเดล กำลังถกเถียงกัน เรื่องหมู่ฟังก์ชันจากสารประกอบที่มี ว่าของใครกันแน่ที่เป็นคนถูกต้อง ซึ่งในสูตรโมเลกุลนั้นมีโครงสร้างไอโซเมอร์ที่เป็นหมู่ฟังก์ชันคนละชนิดกัน นักเรียนจะช่วยอธิบายให้ชิพกับเดลเข้าใจได้อย่างไรว่าไม่มีใครผิด และมีหลักการจำแนกอย่างไรบ้าง (10 นาที) (ความคิดละเอียดลออ)

สูตรโมเลกุล	โครงสร้างของสารประกอบ	หมู่ฟังก์ชัน	หลักการจำแนกประเภท
C_2H_6O			…… …… …… ……
			…… …… …… ……
C_3H_6O			…… …… …… ……
			…… …… …… ……
$C_3H_6O_2$			…… …… …… ……
			…… …… …… ……

ข้อที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ผมกำลังจะเลือกเรียนเฉพาะทางด้านสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประเภท <u>แอลเคน</u> และ<u>แอลคีน</u> แต่เลือกไม่ได้สักที

เพื่อน ๆ ช่วยยกตัวอย่างโมเลกุลและข้อแตกต่างในแต่ละประเภทให้ผมได้ตัดสินใจได้ไหมครับ ?

(10 นาที) (ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น)

ประเภทไฮโดรคาร์บอน	**สูตรโมเลกุล**	**โครงสร้างลิวอิส**	**สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น**
แอลเคน			
แอลคีน			

ข้อที่ 5 เรื่อง ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

วันนี้ผมหลับในห้องเรียนวิชาเคมี เรื่อง ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพื่อน ๆ ช่วยสอนผมเรื่อง ไอโซเมอร์เรขาคณิต ได้ไหมครับ ว่าผมจะดูประเภทของแอลคีนได้อย่างไร และต้องเรียกชื่อแตกต่างกันอย่างไร

(10 นาที) (ความคิดละเอียดลออ, ความคิดริเริ่ม)

สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง	ประเภทของไอโซเมอร์เรขาคณิต	การเรียกชื่อ
$CH_3CH=CHCH_3$			
$CH_3CH=CHCH_2CH_3$			

โนบิตะสอบได้ 0 คะแนน เพราะไม่สามารถเรียกชื่ออะตอมของคาร์บอนตามหลักการเรียกชื่อแบบ IUPAC ได้ นักเรียนเป็นเพื่อนสนิทของโนบิตะ จะสร้างเทคนิคในการจำช่วยโนบิตะอย่างไร ที่จะให้สามารถจำหลักการเรียกชื่ออะตอมของคาร์บอนได้

1 = meth- / 2 = eth- / 3 = prop- / 4 = but- / 5 = pent – / 6 = hex- / 7 = hept- / 8 = oct- / 9 = non- / 10 = dec-

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 33222

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละส่วน ของข้อคำถาม 10 ข้อ

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้ในการวัดความสามารถในการนำความรู้ที่มี สร้างเป็นตัวแทนความคิดตามความเข้าใจของนักเรียน ในรูปของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

ตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer

ตอนที่ 3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วย 3 ตอน ในแต่ละตอนมี 3 คะแนน รวมข้อละ 9 คะแนน

3. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 5 ข้อคำถาม รวมคะแนนเต็ม 45 คะแนน

ตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

ตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โมเดลสามมิติจาก 3D Printer

ตอนที่ 3 การอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. ใช้เวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

5. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน

สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิสของ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม (3 คะแนน)

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงโครงสร้างของ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน) (3 คะแนน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลองถึงการเกิดพันธะในโมเลกุลของแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนว่ามีลักษณะการเกิดเป็นอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของ C_7H_{16} (3 คะแนน)

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงไอโซเมอร์โครงสร้างของ C_7H_{16} โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน) (3 คะแนน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลองถึงการสร้างไอโซเมอร์โครงสร้างของ C_7H_{16} ว่ามีหลักการหรือแนวคิดในการสร้างอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ (3 คะแนน)

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน) (3 คะแนน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลอง ว่าสามารถระบุประเภทของหมู่ฟังก์ชันจากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์นั้นได้อย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา (3 คะแนน)

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน) (3 คะแนน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลอง ว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่เกิดขึ้นอย่างไร และมีลักษณะเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับปฏิกิริยาการเติม (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 เรื่อง ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต ของ *ซิส*–2–บิวทีน และ *ทรานส์*–2–บิวทีน (3 คะแนน)

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลสามมิติแสดงโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต ของ *ซิส*–2–บิวทีน และ *ทรานส์*–2–บิวทีน โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตัวต่อโมเดลสามมิติจาก 3D-Printer ในการสร้างแบบจำลอง (ส่งเป็นชิ้นงาน) (3 คะแนน)

ส่วนที่ 3 จงเขียนอธิบายแบบจำลอง ไอโซเมอร์เรขาคณิตของ *ซิส*–2–บิวทีน และ *ทรานส์*–2–บิวทีน ที่นักเรียนสร้างขึ้น ว่ามีหลักการเขียน และข้อแตกต่างกันอย่างไร พร้อมทั้งยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์เรขาคณิตชนิดอื่น ๆ (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

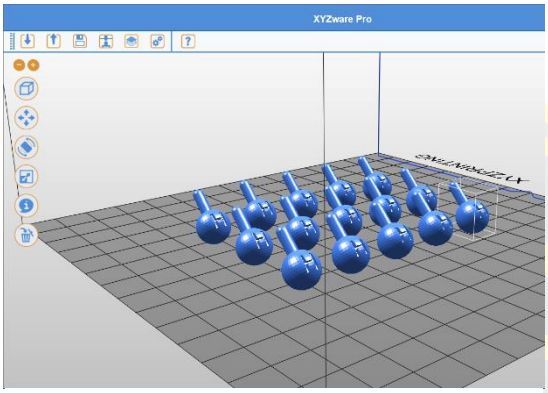
.....

.....

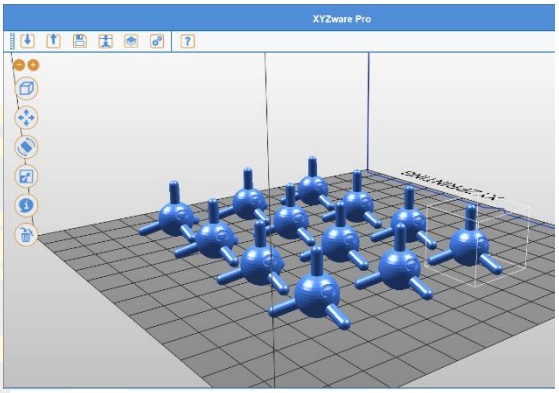
.....

.....

ภาพตัวอย่างแบบจำลองและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้



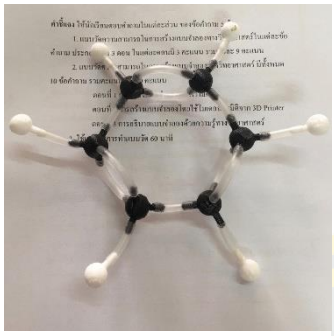
การเขียนแบบจำลองอะตอมของไฮโดรเจน



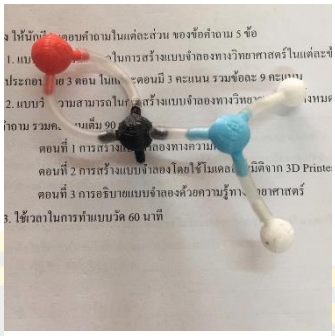
การเขียนแบบจำลองอะตอมของคาร์บอน

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเขียนแบบจำลองโมเลกุลสามมิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

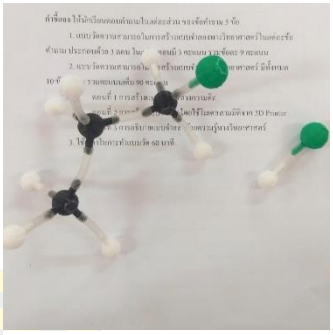
ภาพที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงาน ที่ขึ้นรูปผ่านเครื่อง 3D-Printer



แบบจำลองอะโรมาติก
ไฮโดรคาร์บอน

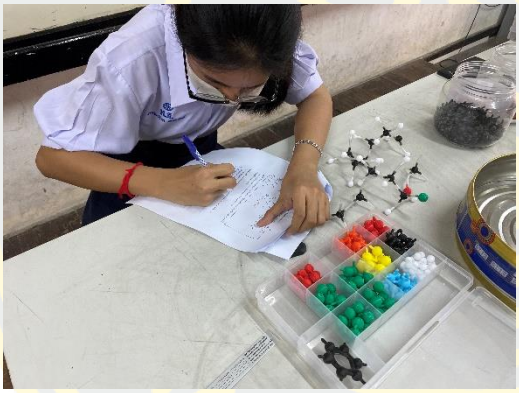


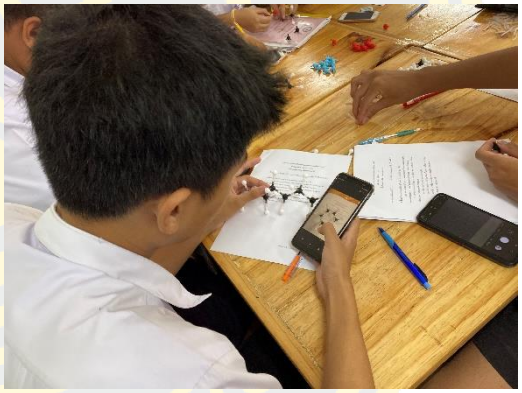
แบบจำลองหมู่ฟังก์ชัน
ของ เอไมด์



แบบจำลองปฏิกิริยา
การแทนที่

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลอง





ภาพที่ 4 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายสิทธิโชค เอี่ยมบุญ
วัน เดือน ปี เกิด	15 มกราคม 2536
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 444/434 หมู่ 2 หมู่บ้านกิตตินคร ซอยกิตตินคร 21 ถนนวัดบางบ่อ ตำบลบางบ่อ อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10560
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	2559 โรงเรียนวัดทรงธรรม จังหวัดสมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	2548 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดสมุทรปราการ 2551 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดสมุทรปราการ 2554 การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาการสอนเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 2561 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี