ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

นายธีระศักดิ์ ไชยสัตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2560

The Effects of Using the Model-Based Learning Management on Chemistry Learning Achievment and Productive Thinking Ability of Mathayom Suksa IV Students of Expansion Secondary Schools in Prachuap Khiri Khan Province

Mr. Thirasuk Chaiyasat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ชื่อและนามสกุล นายธีระศักดิ์ ไชยสัตย์

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผู้วิจัย นายธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ **รหัสนักศึกษา** 2582000010 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ **ปีการศึกษา** 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คนของโรงเรียนธนาคารออมสินซึ่งอยู่ในกลุ่มโรงเรียนขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ 3) แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การคิดเชิงผลิตภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

Thesis title: The Effects of Using the Model-Based Learning Management on Chemistry Learning Achievment and Productive Thinking Ability of Mathayom Suksa IV students of Expansion Secondary Schools in Prachuap Khiri Khan Province
Researcher: Mr. Thirasuk Chaiyasat; **ID:** 2582000010;
Degree: Master of Educational (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Nuanjid Chaowakeratipong, Associate Professor;
(2) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor; **Academic year:** 2017

Abstract

The purposes of this study were (1) to compare chemistry learning achievement of Mathayom Suksa IV students of expansion secondary schools in Prachuap Khiri Khan Province, who learned under the model-based learning management, with the 70 percent of full score criterion; and (2) to compare productive thinking ability of Mathayom Suksa IV students of expansion secondary schools in Prachuap Khiri Khan Province, who learned under the model-based learning management, with the 70 percent of full score criterion.

The research sample consisted of 20 Mathayom Suksa IV students in Thanakan Omsin School which was one of the expansion secondary school in Prachuap Khiri Khan Province during the academic year 2017. The research instruments were (1) learning management plans for the model-based learning in the chemistry topic of Atom and Atomic Structure, (2) a chemistry learning achievement test, and (3) a productive thinking ability skills and characteristics assessment scale. Data were analyzed using the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that (1) chemistry learning achievement of Mathayom Suksa IV students who learned under the model-based learning management was significantly higher than the 70 percent of full score criterion at the .05 level of statistical significance; (2) productive thinking ability of Mathayom Suksa IV students who learned under the model-based learning management was significantly higher than the 70 percent of full score criterion at the .05 level of statistical significance.

Keyword: Model-Based Learning Management, Productive Thinking Ability, Chemistry Learning Achievemen

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างดีเสมอมา ตั้งแต่เริ่มต้นทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบ และให้คำแนะนำ แก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และดูแลการทำงานเป็นไปด้วยความความราบรื่น

ขอน้อมระลึกถึงพระคุณของบิดามารดา ที่อบรมสั่งสอนให้มีความขยัน อดทนและมุ่งมั่นในการเรียนและการทำงาน ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆ จนทำให้ผู้วิจัยทำงานวิจัยครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์
กุมภาพันธ์ 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
คำถามวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 5
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 8
การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี 20
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 24
ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ 34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 48
การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
การวิเคราะห์ข้อมูล 57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 62
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติ t–test one sample เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน 63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลการประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ การที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ t–test one sample เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 64
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 65
สรุปการวิจัย 65
อภิปรายผล 66
ข้อเสนอแนะ 71
บรรณานุกรม 73
ภาคผนวก 78
ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ 79
ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 81
ประวัติผู้วิจัย 101

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านความรู้ความคิด 29
ตารางที่ 2.2 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านทักษะปฏิบัติ 29
ตารางที่ 2.3 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านกระบวนการเรียนรู้ 30
ตารางที่ 2.4 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านเจตคติ 31
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของผู้สอนและผู้เรียนในเชิงผลิตภาพ 39
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณลักษณะ 7 ประการของผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ 42
ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินด้านการเป็นคนช่างสังเกต 43
ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 49
ตารางที่ 3.2 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ 52
ตารางที่ 3.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ 53
ตารางที่ 3.4 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ 59
ตารางที่ 3.5 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ 59
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและ
โครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน 63
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ
การที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและ
โครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70
กับคะแนนประเมินหลังเรียนของนักเรียน 64

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 17
ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 25
ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 25
ภาพที่ 2.4 คุณสมบัติ 7 ประการของคนคิดเชิงผลิตภาพ 38
ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม 54
ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิต 56

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกปัจจุบันที่เป็นโลกแบบไร้พรมแดน ส่งผลให้ในปัจจุบันสังคมไทยก้าวเข้าสู่โลกยุคดิจิตอลอย่างเต็มตัว ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจสังคมล้วนดำเนินไปอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูง การเข้าถึงแหล่งข้อมูลปริมาณมหาศาลผ่านโลกออนไลน์มากขึ้น ส่งผลให้คุณลักษณะของนักเรียนเปลี่ยนไป ประกอบกับรัฐบาลได้ประกาศนโยบายไทยแลนด์ 4.0 มีเป้าหมายให้ประเทศไทยก้าวออกจากกับดักรายได้ปานกลาง และก้าวไปสู่ประเทศรายได้สูงโดย ใช้นวัตกรรมทางเศรษฐกิจสังคมและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อการขับเคลื่อนประเทศ การศึกษาจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับคุณภาพทรัพยากรมนุษย์ในประเทศ เพื่อเตรียมกำลังคนให้พร้อมในการเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยสู่เวทีเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคและระดับนานาชาติ

ทักษะที่ต้องการของนายจ้างยุคเศรษฐกิจ 4.0 จากรายงานเวทีเศรษฐกิจโลก หรือ World Economic Forum ประกอบด้วย10 ทักษะ ที่ตลาดแรงงานโลกต้องการคือ 1. ทักษะการแก้ไขปัญหาที่ทับซ้อน 2. การคิดวิเคราะห์ 3. ความคิดสร้างสรรค์ 4. การจัดการบุคคล 5. การทำงานร่วมกัน 6. ความฉลาดทางอารมณ์ 7. รู้จักประเมินและการตัดสินใจ 8. มีใจรักบริการ 9. การเจรจาต่อรอง 10. ความยืดหยุ่นทางความคิดสอดคล้องกับผลสำรวจความต้องการแรงงานของนายจ้างและองค์กรเกิดใหม่ในปี 2557 ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) พบว่า นายจ้างขององค์กรในศตวรรษที่ 21 คาดหวังให้พนักงานในองค์กรมีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) และความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) มากที่สุด ดังนั้นแรงงานที่จะยังคงปลอดภัย และมีความก้าวหน้าในการประกอบอาชีพ คือ แรงงานที่มีทักษะที่หลากหลายทั้งทางปัญญา และทางการสื่อสาร เช่น ทักษะความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นต้น ส่วนแรงงานที่ยังพึ่งพาทักษะซ้ำ ๆ ในการประกอบอาชีพอยู่ในปัจจุบันจะเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงมากที่จะตกงานในอนาคต (ไกรยส ภัทราวาท, 2559)

ความสามารถทางปัญญาในการคิดและการสื่อสารที่กล่าวถึงเป็นสิ่งนามธรรมที่แสดงออกให้เป็นให้เป็นรูปธรรมได้ในรูปของผลผลิตในลักษณะต่าง ๆสอดคล้องกับความคิดของไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2559) ที่ว่าการคิดผลิตภาพหรือคิดเชิงผลิตภาพ(Productive thinking) เป็นความคิดหนึ่งในปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพที่สอนให้ผู้เรียนต้องคิดสร้างสรรค์และมีผลผลิตพร้อมกันไปเพื่อแก้บริโภคนิยมและปรับเปลี่ยนสังคมไทยให้เป็นสังคมผลผลิตนิยมมากขึ้น ปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพนั้นได้กำหนดให้ผู้เรียนมีลักษณะสำคัญ 4 ประการคือ มีจิตหรือคิดวิเคราะห์ จิตหรือคิดสร้างสรรค์ จิตหรือคิดผลิตภาพ และจิตหรือคิดรับผิดชอบการคิดผลิตภาพจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีจุดสำคัญอยู่ที่ผลผลิตหรือรูปธรรมของความคิด ดังนั้นการสอนให้คิดผลิตภาพจึงเป็นการสอนในลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้คิดต่อออกไปอีกจนสามารถแปรความคิดเป็นผลิตภัณฑ์ เป็นกิจกรรม หรือเป็นแนวปฏิบัติ

ที่ชัดเจนได้ การคิดผลิตภาพจึงเป็นความคิดในเชิงรูปธรรม แต่ทั้งนี้ความคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ก็เป็นรากฐานสำคัญต่อความคิดผลิตภาพ หลักการสำคัญของการคิดเชิงผลิตภาพจึงอยู่ที่ความเป็นรูปธรรมของความคิดหรือผลผลิตของความคิดเป็นสำคัญ ความคิดเชิงผลิตภาพจึงไม่ใช่ความคิดที่เกิดขึ้นได้ง่าย ๆ แต่เป็นความคิดที่ต้องอาศัยการฝึกฝน ผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบและมีความมุ่งมั่นในการทำงานจนประสบความสำเร็จ

การจัดการศึกษาในปัจจุบัน จะต้องฝึกให้ใช้ทักษะการคิดมากกว่าใช้ความจำ รวมถึงสามารถที่จะคิดวิเคราะห์มีเหตุมีผล สามารถที่จะเข้าใจ เรียนรู้ได้ถูกทิศถูกทาง รวมไปถึงการที่มีครูที่เก่ง คือ สามารถสร้างนักเรียนที่เก่ง ไม่ได้เป็นครูที่มีความรู้เพียงอย่างเดียว เพราะครูเป็นรากฐานสำคัญของการปฏิรูปการศึกษา ที่จะต้องแสวงหาความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และส่งเสริมนวัตกรรม ทั้งนี้ การศึกษาไทยในยุค 4.0 จึงต้องจัดการศึกษาทั้งระบบตั้งแต่ประถม มัธยม อาชีวศึกษา ไปจนถึงอุดมศึกษา โดยงานวิจัยต่าง ๆ ของอุดมศึกษาต้องเอามาใช้ได้จริง เพราะอุดมศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการชี้นำสังคม การที่ประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่การศึกษาไทยในยุค 4.0 ได้อย่างยั่งยืนได้นั้น จะต้องมีการเชื่อมโยงในหลากหลายมิติ ให้สอดคล้องต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อมุ่งสร้างคนให้มีคุณภาพ ตอบโจทย์ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของโลกในอนาคต (กำจร ตติยกวี, 2559)

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่างๆ เพื่อใช้อำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก พร้อมกันนั้นเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้การศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะส่งผล ให้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายและเหมาะสมกับระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และที่สำคัญยิ่งคือ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

วิชาเคมีเป็นวิชาหนึ่งของสาขาวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งจะเห็นได้จากในปัจจุบันมีการนำความรู้ทางด้านเคมีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น ล้วนอาศัยความรู้และหลักการของวิชาเคมีมาใช้ ทำให้ประเทศมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและด้านเศรษฐกิจมากขึ้น หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยได้กำหนดให้นักเรียนได้เรียนวิชาเคมีโดยจัดอยู่ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีมีเนื้อหาจำนวนมากและค่อนข้างซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนวิชาเคมี คือ นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้หมดและไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่างๆ ได้ อีกทั้งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่อยู่ในระดับจุลภาคเกี่ยวข้องกับเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ จึงทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี

สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของปัญหาข้างต้นคือนักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง โดยเฉพาะวิชาเคมีซึ่งมีการจัดระดับการเรียนรู้เป็น 3 ระดับ โดยมักมีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560) เคมีเน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ในการอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารจึงมีลักษณะที่แตกต่างกับสาขาวิชาอื่น ดังนั้นสื่อการเรียนการรู้เคมีจึงต้องแสดงให้ผู้เรียนสามารถอธิบายและเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ สื่อการเรียนรู้เคมีเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนเนื้อหาสาระเคมี ทักษะ ประสบการณ์ และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เคมีมากยิ่งขึ้น

นักเคมีอธิบายความรู้ทางเคมีโดยใช้แบบจำลองแนวคิด (Conceptual model) ที่แสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก ซึ่งแสดงออกมาได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สมการทางคณิตศาสตร์ ภาษาหรืออาจเป็นสัญลักษณ์เฉพาะ นอกจากนี้นักเคมียังเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอแบบจำลองแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อเน้นสมบัติเฉพาะ การสร้างแบบจำลองและตัวแทนทางความคิดเป็นลักษณะเฉพาะทางเคมีและเป็นศาสตร์ของจินตภาพหรือจินตทัศน์ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้เห็นว่าจินตทัศน์มีบทบาทสำคัญมากต่อการทำงานของนักเคมีในปัจจุบัน โดยเมื่อนักเคมีศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคต่างๆ นักเคมีมักจะพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนอนุภาคเหล่านั้นและนักเคมีมักใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาค สื่อแบบจำลองในการเรียนวิชาเคมี หมายถึง ภาพ วัตถุ สถานการณ์จำลองหรือตัวแทนที่มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วสามารถเป็นตัวแทนของแนวคิดหรือปรากฏการณ์และทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สื่อแบบจำลองมีประโยชน์ในกรณีที่ไม่สามารถหาของจริงได้หรือหาได้ยาก มีราคาแพง อันตราย ขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปหรือสลับซับซ้อนเกินไป ตัวอย่างของสื่อประเภทนี้เช่น แบบจำลองโมเลกุล หรืออาจเป็นสื่อที่ให้ผู้เรียนได้รับจากแสดงด้วยตนเองหรือการชมการแสดง เป็นสถานการณ์จำลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ระดับจุลภาคและกระบวนการบางอย่างได้ดี (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA (Programme for International Student Assessment) ของประเทศสมาชิกองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ ดำเนินการโดย OECD

(Organization for Economic Co-operation and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศที่เข้าร่วมโครงการในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพสำหรับการแข่งขันในอนาคต สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รายงานผลการประเมิน PISA 2015 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน จากค่าเฉลี่ย OECD 493 คะแนน ซึ่งเมื่อเทียบกับ PISA 2012 คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในระดับนานาชาติผลการประเมิน PISA 2015 ก็ยังพบว่า นักเรียนในประเทศเขตเศรษฐกิจ สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เอสโตเนีย มาเก๊า-จีน แคนาดา และฮ่องกง-จีน มีคะแนนด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มบนสุดสิบอันดับแรก ในขณะที่นักเรียนไทยและอินโดนีเซียมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) แสดงว่านักเรียนไทยมีปัญหาความสามารถทางวิทยาศาสตร์มาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มจะมากขึ้น ซึ่งจะมีผลเสียต่อการพัฒนาประเทศเมื่อเข้าสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 และจากรายงานผลการประเมินผลการศึกษาระดับชาติของประเทศไทย (O-net) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) คะแนนของโรงเรียนกลุ่มโรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2557–2559 พบว่ามีคะแนนผลการทดสอบสาระวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการสอนปกติยังไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหาสาระวิชาและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่เหมาะสม

จากข้อมูลและเหตุผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเสริมสร้างการคิดผลิตภาพของผู้เรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะส่งผลอย่างไรกับผู้เรียน ทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และการคิดผลิตภาพของผู้เรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เนื้อหาวิชาเคมีเรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม เพราะเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนวิชาเคมีที่จะทำให้เข้าใจเนื้อหาอื่นๆ ตามมา และเลือกศึกษานักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพราะเป็นชั้นเรียนพื้นฐานของระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนโดยเริ่มต้นศึกษาจากนักเรียนของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนานักเรียนให้พร้อมกับการพัฒนาประเทศต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. คำถามวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้หรือไม่

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 95 คน จัดอยู่ใน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนธนาคารออมสิน 55 คน โรงเรียนวัดกุยบุรี 40 คนจำนวน 4 ห้องเรียน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

5.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธนาคารออมสิน ซึ่งเป็นโรงเรียนหนึ่งในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขยายโอกาสจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

5.3 ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

5.3.1 ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม

5.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ

5.4 ระยะเวลาในการศึกษา 30 ตุลาคม – 8 ธันวาคม 2560

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นการสร้างแบบจำลอง ขั้นการประเมินแบบจำลอง ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ขั้นขยายแบบจำลอง

6.2 ารคิดเชิงผลิตภาพ หมายถึง กระบวนการคิดที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์มุ่งให้นักเรียนสร้างผลงาน ผลผลิตหรือชิ้นงาน มีขั้นตอนการคิด 7 ประการประกอบด้วย 1. ช่างสังเกต

2. คิดต่อเนื่องได้ 3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ 4. เชื่อมโยงกับผลผลิต 5. คิดและทำด้วยพร้อมกันไป 6. มุ่งทำให้เสร็จ และ 7. พร้อมรับการทดสอบ/การประเมิน/และการตำหนิ

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม โดยพิจารณาคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดความสามารถด้านต่าง ๆ 4 ด้าน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

6.3.1 ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราว หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ แนวความคิด กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

6.3.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนก การขยายความและแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง หลักการ แนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

6.3.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการค้นคว้าหาความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ที่แตกต่างออกไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภทข้อมูล ทักษะการตั้ง สมมติฐาน ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายสรุปข้อมูล และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ได้แนวทางการสอนวิชาเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ที่สามารถพัฒนาทักษะในการคิดเชิงผลิตภาพ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความรู้และสามารถศึกษาต่อในระดับสูงหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

7.2 ได้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ระดับคุณภาพการศึกษาของนักเรียนสูงขึ้น

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเสนอวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบทนี้แยกนำเสนอเป็น 5 หัวข้อคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    1.1 ความหมายและธรรมชาติของแบบจำลอง
    1.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง
    1.3 ประเภทของแบบจำลองและลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    1.4 หลักการและทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
    1.5 การสร้างแบบจำลองและขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    1.6 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
    1.7 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง
2. การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
    2.1 ธรรมชาติของวิชาเคมี
    2.2 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี
    2.3 การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาเคมี
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    3.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
4. ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ
    4.1 ความหมายและองค์ประกอบของการคิดเชิงผลิตภาพ
    4.2 ขอบเขตของการคิดเชิงผลิตภาพ
    4.3 ลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ
    4.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ
5. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง

แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า Model มีผู้แปลเป็นภาษาไทยโดยใช้คำว่า โมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ แบบแผน ตัวแบบ แบบจำลองมีความหมายว่า สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองคือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่นๆ ที่เรียกว่า “เป้าหมาย” (Target) ซึ่งได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Gilbert & Ireton, 2003)

1.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง

ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of model)

แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์มักใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมาย (target) เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจมาถ่ายทอดแนวคิดเหล่านี้ให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งลักษณะทั่วไปของแบบจำลองที่สำคัญมีดังต่อไปนี้ (Grossling el al, 1991, Justi and Gilbert, 2006)

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมายซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี กฎ โดยแบบจำลองถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะกล่าวคือ นำมาใช้เป็นตัวแทนบางของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์

2. แบบจำลองใช้การเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและการเปรียบเทียบทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงแบบจำลองได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล ทำให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3. แบบจำลองมีความแตกต่างจากเป้าหมายอาจเล็กหรือใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ทำให้แบบจำลองสามารถใช้ได้ง่ายกว่า เช่น หากหากเป้ามีขนาดเล็กและซับซ้อน เช่น อะตอมนักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองอะตอมขึ้นมา หรือกรณีเป้าหมายมีขนาดใหญ่เกินไปยากต่อการศึกษา เช่น ระบบสุริยะจักรวาล นักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาลขึ้นมาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแทนของเป้าหมาย

4. แบบจำลองสามารถได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

5. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลองแบบจำลองอะตอม หรือแบบจำลองอาจแสดงเพียงส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เป็นต้น

6. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง พันธะเคมี เป็นต้น

7. แบบจำลองสามารถแสดงสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น การแสดงแรงผลัก ผลักต่อโต๊ะเรียน

8. แบบจำลองสามารถแสดงทางระบบหรือลำดับของเอกลักษณ์ของสิ่งต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร เป็นต้น

9. แบบจำลองสามารถแสดงแทนเหตุการณ์หรือช่วงการเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน เป็นต้น

10. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองแสดงการทำงานของระบบร่างกาย เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์มีการใช้แบบจำลองมากมาย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นทราบถึงธรรมชาติของแบบจำลอง ตลอดจนข้อจำกัดของแบบจำลองเหล่านั้นรวมถึงซาบซึ้งถึงบทบาทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นผลของการสืบเสาะหาความรู้ทางเคมีและสามารถสร้างและทดสอบแบบจำลองด้วยตนเองได้ แต่อย่างไงก็ตามจากงานวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองที่หลากหลายซึ่งส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่วิทยาศาสตร์ยอมรับในหลาย ๆ ประเด็น อาทิเช่น ประเด็นที่เกี่ยวกับความหมายของแบบจำลองก็คือสิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุเท่านั้น เช่น นักเรียนอธิบายว่า “เพราะวัตถุสามารถอธิบายด้วยแบบจำลอง” หรือนักเรียนบางคนเข้าใจว่าแบบจำลองมีลักษณะเหมือนกับวัตถุของจริงทุกประการ เช่น นักเรียนอธิบายว่า “แบบจำลองไตของมนุษย์มีลักษณะคล้ายเม็ดถั่ว ซึ่งจะคล้ายกับไตมนุษย์จริง ๆ ” ซึ่งเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากแบบจำลองไม่สามารถเหมือนกับวัตถุจริงได้ทุกประการแต่อาจจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้ก็ได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557)

นอกจากนี้แล้วนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจว่าการออกแบบและการสร้างแบบจำลอง นักวิทยาศาสตร์ไม่ต้องอาศัยจินตนาการ เพราะแบบจำลองมาจากของจริง เช่น นักเรียนอธิบายว่า “เพราะการออกแบบและสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ น่าจะมาจากข้อเท็จจริงมากกว่า” ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเนื่องจากการออกแบบและสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ที่สร้างขึ้นโดยอาศัยความคิดของนักวิทยาศาสตร์เองในการออกแบบและสร้างแบบจำลองนั้นขึ้นมาประกอบกับหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ในส่วนของจุดประสงค์ของการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าแบบจำลองไม่สามารถใช้ทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ เช่น “เป็นแค่แบบจำลองอะตอม ยังไม่สามารถใช้อธิบายเหตุผลปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้” ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อยกตัวอย่าง สมการเคมีนักเรียนมักจะเข้าใจว่าสมการเคมีไม่ใช่แบบจำลอง เช่น “เพราะไม่สามารถทำให้เห็นภาพของปฏิกิริยาได้ชัดเจน” ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องเนื่องจากสมการเคมีเขียนขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของกระบวนการต่าง ๆ ในธรรมชาติ ดังนั้นจึงถือว่าสมการเคมีเป็นแบบจำลองด้วย รวมถึงยังมีนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น “อนาคตอาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอ” ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่สอดคล้อง เนื่องจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานใหม่ที่มาสนับสนุนแบบจำลองนั้น และมีความเข้าใจอีกว่าแบบจำลองเพียงแบบจำลองเดียวก็สามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติเกิดขึ้นได้อย่างครอบคลุม ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่สอดคล้อง เนื่องจากแบบจำลองมีข้อจำกัดในการใช้ โดยแบบจำลองจะใช้ในการทำนายผลการทดลองได้ถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ถูกต้องในทุกๆ ส่วน จึงอาจต้องใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างครอบคลุม

แบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่างๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมในแบบรูปธรรม ช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดย จัสติและกิลเบิร์ต (Justi and Gilbert, 2006) ได้สรุปบทบาทที่สำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้คือ 1) เป็นตัวแทนของเอกลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น 2) ทำให้เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดแจ้งมากขึ้น 3) เป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง 4) ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา 5) เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนาย ซึ่งแบบจำลองนั้นเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยในการสร้างแบบจำลองจะมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง แบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองรถไฟ หรือมีขนาดใกล้เคียงกับเป้าหมาย เช่นแบบจำลองอวัยวะของมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ เช่น แบบจำลองไวรัส

1.3 ประเภทของแบบจำลองและลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.3.1 ประเภทของแบบจำลอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้

1. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามพื้นฐานของหลักภววิทยา (Ontilogy) หรือแบ่งตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบจำลองทางความคิด คือแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจสร้างโดยตัวบุคคลหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2 แบบจำลองที่แสดงออก คือแบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด และท่าทาง เป็นต้น

1.3 แบบจำลองมติของกลุ่ม คือแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลอง ประสบการณ์ และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือแบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5 แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ คือแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง

2. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

2.1 แบบจำลองเชิงรูปธรรม คือแบบจำลองของวัตถุสามมิติเป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงคำพูด คือ แบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ คือ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอน์สไตน์แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานและมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

2.4 แบบจำลองเชิงรูปภาพ คือ แบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะสองมิติที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด และรูปภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5 แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง คือ แบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบๆ เพื่อนเพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

ความหมาย ความสำคัญและประเภทของแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลองคือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์หรือระบบความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้วิทยาศาสตร์ โดยนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ สิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำพูด สูตร สมการเคมี และสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

1.3.2 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการบนพื้นฐานระหว่างแนวคิดพุทธิปัญญา (Cognitive psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science education) (Buckley et al, 2004) โดยมีแนวคิดหลักว่า ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาหลังจากนักเรียนได้มีการแก้ปัญหา การลงข้อสรุปหรือการให้เหตุผล และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบูรณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่และได้ขยายความรู้ต่อไป

โกเบิร์ตและบัคเลย์ (Gobert and Buckle, 2002) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน จากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังความคิดโดยเปรียบเทียบจากเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง
4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น
5. ขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจย์

เพียเจย์ (Piaget, 1983 อ้างถึงในทิศนา แขมมณี, 2555) ได้อธิบายว่า โครงสร้างทางความคิดของบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เป็นผลจากการที่บุคคลนั้นมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว โดยเพียเจย์เชื่อว่าบุคคลมีการพัฒนาเป็นลำดับขั้นตอนตามวัย ดังนี้

1. ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-motor period) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิดจนถึงสองปี ความคิดของเด็กขึ้นกับการรับรู้และการกระทำ

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational period) เป็นขั้นการพัฒนาในวัย 2 – 7 ปี เด็กยังมีการคิดที่ขึ้นอยู่กับการรับรู้และการกระทำเป็นส่วนใหญ่ แต่เริ่มเรียนรู้สัญลักษณ์และการใช้เหตุผลได้บ้าง

3. ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational period) ในขั้นนี้เด็กที่มีอายุระหว่าง 7 – 11 ปี ซึ่งสามารถสร้างภาพในใจ คิดย้อนกลับ เข้าใจความสัมพันธ์ของตัวเลขและสิ่งต่างๆ มากขึ้นและแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นรูปธรรมได้ แต่ยังไม่สามารถสร้างจินตนาการเกี่ยวกับเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้

4. ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) เด็กในขั้นนี้มีอายุระหว่าง 11 – 15 ปี เด็กที่มีพัฒนาการในขั้นนี้สามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรม คิดตั้งสมมติฐานได้ และใช้เหตุผลได้ดี ตลอดจนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตามแนวความคิดของเพียเจย์แสดงให้เห็นว่า กระบวนการในการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสติปัญญา ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้จากกระบวนการดูดซึมข้อมูลและประสบการณ์ต่าง ๆ เข้าไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางสติปัญญาเดิมเป็นเหตุให้โครงสร้างเดิมเปลี่ยนไป แต่หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล ซึ่งบุคคลต้องใช้กระบวนการปรับโครงสร้างเพื่อปรับให้อยู่ในภาวะสมดุล

1.4.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจย์

ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจย์ ครูควรจัดกระบวนการสอนในลักษณะ ดังนี้

1. ครูควรจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยให้สอดคล้องและเหมาะสมกับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน เช่น เด็กที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นการคิดรูปธรรม ประสบการณ์การเรียนรู้ควรมีลักษณะที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำโดยใช้ของจริง (Hand-on) นอกจากนี้ไม่ควรบังคับให้นักเรียนในขณะที่ยังไม่พร้อม เพราะอาจจะทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน

2. ครูควรเริ่มสอนสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์เดิมก่อนแล้วค่อยนำเสนอสิ่งใหม่ที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือสิ่งเก่า ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

3. ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์หลากหลายและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวของผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการซึมซับข้อมูลต่างๆ เข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาของตน หากสิ่งที่รับเข้าไปใหม่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญากับประสบการณ์เดิม นักเรียนต้องใช้กระบวนการปรับโครงสร้างช่วยสร้างความหมายของข้อมูลใหม่และข้อมูลเก่าให้แก่ตนเอง

1.4.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจย์ (Piajet) และวีก๊อทสกี้ (Vygotsky) โดยเพียเจย์อธิบายว่าทุกคนมีการพัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาโดยผ่านทางกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับโครงสร้างเพื่อให้สติปัญญาของคนอยู่ในสภาวะสมดุล เพียเจย์เชื่อว่า สติปัญญาของคนเราพัฒนาไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อม การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social transmission) วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุล ในขณะที่วีก๊อทสกี้ให้ความสำคัญกับปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ภาษา และวัฒนธรรมที่มีผลต่อการเรียนรู้ การเรียนรู้เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและความรู้เป็นสิ่งที่คนในสังคมร่วมกันสร้างขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2555)

หลักการของเพียเจย์และวีก๊อทสกี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันในเรื่องของการอธิบายว่านักเรียนสร้างความรู้อย่างไร แต่ก็ยังมีความเห็นร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของ Constructivism คือ นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้และความเข้าใจที่มีอยู่เดิม การมีปฏิสัมพันธ์กับสังคมและวัฒนธรรมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และการจัดสภาพแวดล้อมหรือกิจกรรมให้สอดคล้องกับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ตามแนวคิดและทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ความรู้เป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนาตลอดเวลา ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นภายในตัวบุคคลโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม สิ่งต่าง ๆ มีความหมายขึ้นมาจากการคิดของคนที่รับรู้สิ่งนั้น สิ่งต่าง ๆ ในโลกจึงไม่มีความหมายที่ถูกต้องแต่ขึ้นกับการให้ความหมายของคนในโลก ทฤษฎีนี้จึงให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของคนที่ใช้แปลความหมายและสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์เหล่านั้น การแปลความหมายของแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความสนใจ และภูมิหลังของคนนั้นซึ่งมีความแตกต่างกัน การสร้างความหมายจึงเป็นเรื่องที่คนเราต้องใช้กระบวนการทางสติปัญญาในการจัดกระทำกับข้อมูลที่รับรู้ ทั้งนี้ความรู้ที่สร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ตลอดเวลาเมื่อมีการทดสอบความรู้ความเข้าใจกับสถานการณ์ใหม่

1.4.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองมุ่งเน้นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีอิสระที่จะแสดงความคิด ได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม รวมทั้งมีการสะท้อนความคิดและผลการปฏิบัติของนักเรียน ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามจุดเน้นดังกล่าว ครูผู้สอนจึงต้องปฏิบัติ ดังนี้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544)

1. ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง ลงมือปฏิบัติงาน (Hand-on) หรือทำการทดลอง (Investigation labs) ด้วยตนเอง พร้อมทั้งให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัว

2. ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้ความคิด (Active cognitive involvement) โดยการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดด้วยตนเอง จัดกิจกรรมที่เน้นการคิด เช่น การตีความหมายข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการออกแบบการทดลอง เป็นต้น

3. สร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (Sociomoral) ให้เกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ โดยจัดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้

เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างนักเรียนซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนกว้างขวางขึ้น

4. ควรมีการประเมินผลในลักษณะที่เป็น Goal free evaluation เป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของนักเรียนแต่ละคนและการวัดผลควรใช้วิธีการที่หลากหลายโดยอาศัยบริบทจริง และควรประเมินผลที่เน้นกิจกรรมการคิดระดับสูง (Higher-level assessment)

1.5 การสร้างแบบจำลองและขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.5.1 การสร้างแบบจำลอง (Model and modeling)

การศึกษาว่านักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างไรนั้น เริ่มจากงานของ จอห์นสัน ลีด (Johnson-Laird, 1980) ที่กล่าวว่ามนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) จากการใช้และการเชื่อมโยงของความคิดภายในมากกว่าการลงข้อสรุปจากสิ่งที่ตนสังเกต โดยขณะที่บุคคลกำลังแก้ปัญหา บุคคลนั้นจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งจะเกิดกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองและจะกำจัดแบบจำลองที่ขัดแย้งกับแบบจำลองเริ่มต้น นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองทางความคิดก็ได้รับอิทธิพลจากกลุ่มวิทยาศาสตร์พุทธิปัญญา (cognitive science) ที่ว่าด้วยจิตวิทยาของกระบวนการสร้างแบบจำลอง เช่น การใช้อุปมาอุปมัย การใช้จินตนาการ เป็นต้น โดย คอลลินส์และเจนท์เนอร์ (Collins and Gentner, 1987) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากการใช้การอุปมาว่า เมื่อบุคคลต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่ไม่คุ้นเคย บุคคลจะใช้แผนผังเชิงอุปมาอุปมัยเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดที่จะสามารถทำนายได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นในสถานการณ์นั้นๆ ซึ่งสิ่งที่ทราบแล้วจะเรียกว่าเป้าหมาย หรือ lorget แต่หากบุคคลนั้นต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จะมีการแบ่งระบบเป้าหมายออกเป็นกลุ่มของแบบจำลองนั้นแสดงว่าบางครั้งการสร้างแบบจำลองทางความคิดอาจต้องใช้อุปมาอุปมัยหลายอย่างเข้าด้วยกัน ซึ่งจากทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ เหล่าทำให้มีนักการศึกษากลุ่มหนึ่งคือ Rea–Romirez, Clement and Nunez – Oviedo (2008) นำมาใช้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน (mental modeling theory) ซึ่งทฤษฎีนี้จะเชื่อมโยงกับการใช้เหตุผลและการแสดงตัวแทนของสิ่งที่สังเกตเห็น โดยเชื่อว่ามนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาซึ่งเป็นเหมือนสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบหรือจำลองโลกแห่งความเป็นจริง จะเห็นได้ว่ารากฐานของทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นมาจากแนวคิดแบบปฏิฐานนิยม (Positivism) ที่กล่าวถึงเรื่องการให้เหตุผลของมนุษย์ซึ่งอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์

ต่อมาเนิร์สซีชัน (Nersesain, 1990) ได้ขยายแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยนำเรื่องแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เข้ามาร่วมด้วย ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เริ่มต้นจากนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งระบบทางความคิดที่แสดงตัวแทนของระบบทางกายภาพ อาจเป็นวัตถุความสัมพันธ์พฤติกรรมหรือเหตุการณ์ต่างๆ โดยการสร้างแบบจำลองทางความคิดจะเกิดขึ้นเมื่อต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบ รวมไปถึงเพื่อส่งเสริมให้เกิดทฤษฎีและจิตนาการขึ้นมาใหม่ นั่นแสดงว่าแบบจำลองทางความคิดไม่ได้มาจากการลงข้อสรุปจากข้อมูลเชิงประจักษ์เท่านั้น แต่มาจากจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ด้วย ยกตัวอย่างเช่น จากการสังเกตและการวัดในห้องปฏิบัติการทำให้

นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าถ้าหากมวลและความดันของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊ส (V) จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ (T) แต่การรู้นี้ไม่เท่ากับการรู้ว่า “ทำไม” แก๊สจึงมีพฤติกรรมดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์จึงสร้างแบบจำลองในระดับโมเลกุลมาอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโมกุลของแก๊สซึ่งเป็นการอธิบายที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคโดยเราไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองนั้นเกิดขึ้นหลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองค้นคว้าจนได้สรุปเกี่ยวกับหลักการหรือกฎใหม่ๆ แล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่าแบบจำลองเชิงทฤษฎีต่างๆ ที่มีอยู่นั้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการ หรือกฎใหม่ๆ เหล่านี้ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีขึ้นมาใหม่ ดังนั้นแบบจำลองไม่ใช่เพียงแค่ทำหน้าที่ให้นักวิทยาศาสตร์ได้เห็นภาพชัดเจน แต่ยังใช้อธิบายกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของสารได้ด้วย

กล่าวโดยสรุปแบบจำลอง คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิดหลักการทฤษฎีหรือกฎ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถเข้าใจแนวคิดต่างๆ ได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงการนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและช่วยทำให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งแบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 8 ประเภท (Gilbert, 2005) และชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมไว้ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายในจึงถือว่าเป็นแบบจำลองของบุคคล (personal model) ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆกัน

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก เช่น แบบจำลองแสดงวัฏจักรของน้ำ แบบจำลอง DNA เป็นต้น แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองแนวคิด (Conceptual models) แสดงออกมาได้หลายรูปแบบ เช่น ไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองแนวคิดเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความเข้าใจหรือการสอนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ แต่แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่เกิดในหัวใจของคนและเป็นส่วนผลักดันการกระทำของเขา

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Histarical models) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบว์ เป็นต้น

4. แบบจำที่แสดงออก (Expressed models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้นๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของผู้เรียนในชั้นเรียน เป็นต้น

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curriculum models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอิส ที่ใช้แสดงโครงสร้างอะตอมและการสร้างพันธะของสาร เป็นต้น

7. แบบจำลองการสอน (Teaching models) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมาอุปมัยระหว่างระบบสุริยะจักรวากับโครงสร้างอะตอม

8. แบบจำลองผสม (Hybrid models) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลายๆ ประเภทร่วมกัน

1.5.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองหลักจากการได้ทดลองค้นคว้าจนได้ข้อสรุป หลักการหรือกฎใหม่ ๆ แล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่า แบบจำลองต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการหรือกฎเหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ดังนั้นในการสอนวิทยาศาสตร์ครูจึงควรให้นักเรียนได้ฝึกสร้างหรือปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ โดยพยายามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ถ้าอธิบายไม่ได้ก็ลองให้นักเรียนหาหรือสร้างแบบจำลองใหม่มาอธิบายซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้เรียกว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง(constructivism) ซึ่งมีทฤษฎีที่เป็นรากฐานสำคัญของวิธีการจัดการเรียนรู้นี้คือ 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (conceptual change theory) ซึ่งเกิดมาจากทฤษฎีของเพียเจย์ (Piaget) ที่เกี่ยวกับความคิดหรือการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน (individual learning) จากการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ของคุณ (Kuhn) และจากการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางเลือกของนักเรียน 2) ทฤษฎีการสร้างองค์การความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคมของ Vygotsky และ 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความผิด การอุปมาอุปมัย และการเปรียบเทียบ (Rea-Romirez, Clement and Nunez-Oviedo, 2008)

เงื่อนไขการเรียนรู้มีลักษณะคล้ายกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบเปลี่ยนแปลงแนวคิด โดยมีเงื่อนไขของการเรียนรู้โดยชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้ระบุไว้ดังนี้

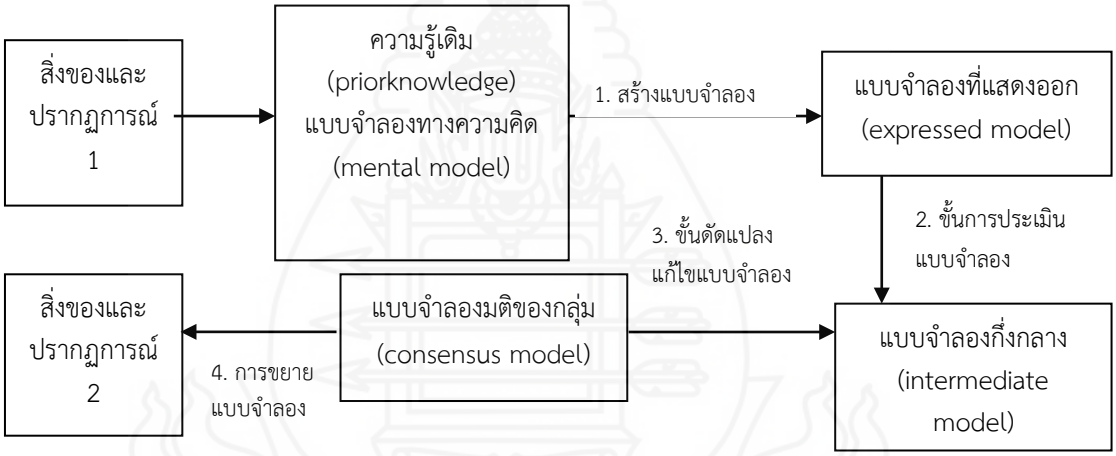
1. ความรู้เดิมถูกกระตุ้น
2. ความรู้เดิมมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ที่จัดให้กับนักเรียน
3. แรงกระตุ้นภายในของนักเรียนถูกพัฒนาขึ้น
4. ความรู้ใหม่ถูกสร้างขึ้น
5. ความรู้ใหม่ถูกนำไปใช้ประเมิน และปรับปรุงให้ดีขึ้น

เงื่อนไขการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถใช้อธิบายว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ได้ดีที่สุด เมื่อเกิดกระบวนการร่วมกันสร้าง (co-construction) เช่น การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน เป้าหมายในการจัดการเรียนรู้จึงต้องเน้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลและได้แสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยสรุปแล้ววิธีจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานถือว่าเป็นวิธีที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้างการใช้ การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองโดยเชื่อว่าก่อนเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ผู้เรียนจะต้องมีแบบจำลองทางความคิด ซึ่งหมายถึงความคิดหรือความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งมาก่อนทั้งนี้ผู้เรียนแต่ละ

คนอาจมีแบบจำลองทางความคิดแตกต่างกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนมักจะแตกต่างจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงต้องพัฒนาหรือจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น เรียล-โรไมร์ซ , เครเมนและนูนิซ- โอเวียโด (Rea–Romirez, Clement and Nunez-Oviedo, 2008 อ้างถึงในชาตรี ฝ่ายคำตา 2557) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลอง (Generating model) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) และการขยายแบบจำลอง (Elaborating) โดยการแสดงดังภาพที่ 2.1 และรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) สำหรับการประเมินแบบจำลองครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้ควรฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้า ค้นหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตน ผู้เรียนต้องสำรวจตรวจสอบแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยครูและนักเรียนต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (co - construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ตัวบ่งชี้ที่

จะบอกได้ว่าแบบจำลองของนักเรียนเป็นแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วก็คือ มีการเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลองหรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลองรวมถึงมีการใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงการวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาจะมีทั้งความคิดที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และครูจะใช้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมานี้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปรายและปรับปรุงแก้ไข เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ขึ้นมาอย่างช้าๆ ด้วยการใช้ยุทธวิธีต่างๆ เข้ามาช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลอง เช่น กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ (Hands– on activities) การอุปมาอุปมัย (Analogies) สร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกันหรือการกระตุ้นด้านภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์ จนทำให้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.6 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปตามแนวความคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดออกมาและให้นักเรียนสื่อสารความเข้าใจออกมาด้วยการวาดภาพหรือการพูด

2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนโดยการใช้การสัมภาษณ์สั้นๆ ใช้คำถามหรือการสาธิต เหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่าง ๆ

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิด โดยการใช้คำถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ของแนวคิดหรือการวาดรูปเพื่อแสดงการเปรียบเทียบหรืออุปมาอุปมัย

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูแสดงความคิดและสาธิตการเรียนรู้ การแก้ไขปัญหา ให้นักเรียนได้เห็นและสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลายรูปแบบ

6. นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู แสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจและมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปราย และโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติ และความเชื่อ ของนักเรียน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่าใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบทั้งที่ถูกและผิด พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองแนวคิด รวมปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วยภาษาของตนเอง

8. กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร เป็นต้น

บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตัวเองออกมา โดยการสร้างสถานการณ์หรือการใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดและอธิบายเหตุผล รวมไปถึงการแสดงออกของแบบจำลองที่หลากหลาย ทั้ง ภาพวาด คำพูด ลักษณะท่าทาง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตัวเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.7 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลองมีลักษณะที่สำคัญดังที่ กิลเบิร์ตและอีริตัน (Gilbert and Ireton, 2003) เสนอไว้ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่าไม่เป็นของจริงในที่นี้ไม่ได้หมายความว่าเป็นของปลอม

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Ultilitalain) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือมักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนและมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) แบบจำลองจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Inperfect) แบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสำคัญที่สุด

2. การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

2.1 ธรรมชาติของวิชาเคมี

แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาเคมี ชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ได้อธิบายไว้ว่า เคมีเป็นการศึกษาและการอธิบายลักษณะของสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารในเชิงคุณภาพ ในขณะที่ฟิสิกส์เป็นการอธิบายลักษณะทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ ในเชิงปริมาณหรือตัวเลขทางคณิตศาสตร์ สำหรับชีววิทยาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกหรือจัดประเภทของสิ่งมีชีวิต เคมีมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาที่เน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ดังนั้นในการอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารจึงมีลักษณะที่แตกต่างกับสาขาอื่น โดยมักมีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level)

การอธิบายระดับมหภาค คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสสารที่สังเกตได้ เช่น การอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อเติมเกลือลงในน้ำ นักเคมีมักเริ่มต้นจากการอธิบายสสารโดยใช้สมบัติที่สังเกตได้ก่อน เช่น สถานะ อุณหภูมิ ความดัน ค่า pH เป็นต้น สมบัติเหล่านี้เป็นสมบัติที่สามารถเห็นและวัดได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือแม้แต่ในชีวิตประจำวัน

การอธิบายระดับจุลภาค คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสสารที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น การอธิบายว่าโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนเกิดอันตกิริยากับโมเลกุลของน้ำอย่างไร นักเคมีจึงพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายเชิงเหตุและผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยการอธิบายดังกล่าวเป็นการอธิบายสมบัติและกระบวนการของสสารในระดับอนุภาค

การอธิบายระดับสัญลักษณ์ คือ การอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพ่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการอธิบายระดับมหภาคและระดับจุลภาค สัญลักษณ์ทางเคมีอาจจะเป็นสัญลักษณ์ของธาตุ สมการเคมี สูตรโมเลกุล แบบจำลองอะตอมหรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่แทนสสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น การใช้สมการเคมีเพื่ออธิบายการละลายของเกลือที่เกิดขึ้น

นักเคมีอธิบายความรู้ทางเคมีโดยใช้แบบจำลองแนวคิด (Conceptual model) ที่แสดงทางความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก ซึ่งแสดงออกมาได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สมการทางคณิตศาสตร์ ภาษาหรืออาจใช้เป็นสัญลักษณ์เฉพาะ เช่น สูตรเคมีของสารประกอบ นอกจากนี้นักเคมียังเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอแบบจำลองแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อเน้นสมบัติเฉพาะ

การสร้างแบบจำลองและตัวแทนทางความคิดเป็นลักษณะเฉพาะของเคมีและเป็นศาสตร์ของจินตภาพหรือจินตทัศน์ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้เห็นว่าจินตทัศน์มีบทบาทสำคัญมากต่อการทำงานของนักเคมีในปัจจุบัน โดยเมื่อนักเคมีศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคต่าง ๆ นักเคมีมักจะพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนอนุภาคเหล่านั้น เช่น แบบจำลองอนุภาค โครงสร้างสารเคมี สูตรเคมี สมการ สัญลักษณ์ เป็นต้น และนักเคมีมักใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสสารในระดับอนุภาค เช่น การแสดงสมการเคมีเพื่ออธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

วิธีการทางเคมีประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การจัดจำแนก ปฏิบัติการเคมี และแนวคิดทางเคมี (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560)

1. การจัดจำแนก เป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยนักเคมีจัดจำแนกสาร สิ่งของ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา เช่น การจัดจำแนกสารเป็นสารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม การจัดธาตุตามตารางธาตุ การจำแนกปฏิกิริยาออกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ โดยจะเห็นว่านักเคมีในอดีตมักสนใจศึกษาและจัดจำแนกสารบริสุทธิ์หรือสารละลายมากกว่าสารผสมที่พบในธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะการศึกษาสิ่งเหล่านั้นเป็นตัวแทนที่เกิดจากการทำให้สิ่งที่ซับซ้อนในธรรมชาติกลายเป็นสิ่งที่ง่ายขึ้น

2. ปฏิกิริยาทางเคมี คือ การทำการทดลองหรือการใช้เครื่องมือเพื่อศึกษาสารและปฏิกิริยาของสารรวมทั้งการสังเคราะห์เช่น การสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ การใช้เครื่องมือสเปกโตรสโกปีเพื่อหาปริมาณของสาร เป็นต้น

3. แนวคิดทางเคมี เป็นการใช้ภาพและแบบจำลองในลักษณะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนอธิบายและทำนายพฤติกรรมสสาร เช่น นักเคมีจะใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบจำลองของสารประกอบอินทรีย์เพื่อทำนายกลไกของปฏิกิริยาและทำนายว่าหากนำสารบางชนิดมาทำปฏิกิริยากันจะเกิดกลไกอย่างไรและได้สารผลิตภัณฑ์ใด เป็นต้น

2.2 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี

การจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนในเนื้อหาเคมีจำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมและเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองด้วยการสืบค้นข้อมูลและการสำรวจตรวจสอบ ผู้จัดการเรียนรู้จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อกำหนดเป็นแนวคิดของพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนได้ ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี ประกอบด้วยลักษณะดังต่อไปนี้
(ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560)

1. การสำรวจตรวจสอบ

โดยทั่วไปเมื่อผู้เรียนเกิดมาก็พร้อมที่จะเป็นนักสำรวจตรวจสอบ ศึกษา เรียนรู้ คิดสร้างแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับโลกรอบๆ ตัว เนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะเนื้อหาเคมีจึงมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดแนวคิดของตนเองผ่านการสำรวจตรวจสอบ ด้วยความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับโลกรอบ ๆ ตัวและสร้างความรู้ของตนเองรวมทั้งสร้างแนวทางและวิธีปฏิบัติ ด้วยแนวคิดเหล่านี้การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนจึงต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ให้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลง ได้บันทึกผลการสังเกตอย่างเป็นระบบและลงข้อสรุปเพื่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้ ดังนั้นในการเรียนรู้ของผู้เรียนจึงควรประกอบด้วยการสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลังการสังเกต และใช้กระบวนการที่เหมาะสมในการแปรผลลงข้อสรุปเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ การสร้างองค์ความรู้และกระบวนการเรียนรู้จึงต้องเชื่อมโยงระหว่างความสนใจกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกัน

ในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความสนใจและประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจะต้องส่งเสริมการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะของการบูรณาการให้เป็นไปอย่างเท่าเทียมกันในทุกด้าน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและเป็นไปตามศักยภาพของผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีควรคำนึงถึงประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.1 เนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับความสนใจและความต้องการของผู้เรียนและมีความเพียงพอต่อการพิจารณาในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน

1.2 มีกระบวนการและวิธีการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในทุกด้าน

1.3 มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำในลักษณะของการประยุกต์ใช้และการขยายกรอบความรู้ความเข้าใจให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

1.4 การวัดประเมินผลที่สนองตอบจุดมุ่งหมายและสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาการของผู้เรียนอย่างแท้จริง

2. การสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญ 5 ประการที่จำเป็นต้องคำนึงถึงและใช้เป็นแบบในการจัดการเรียนการสอน ถึงแม้ว่าบางลักษณะจำเป็นต้องปรับปรุงในกิจกรรมการเรียนการสอนเสมอในแต่ละกิจกรรมแต่ก็ไม่ได้แสดงไว้อย่างชัดเจนว่าจะต้องปรากฏอยู่ที่ใดเพียงแต่จะต้องมีทุกบทเรียนเท่านั้นตามความเหมาะสมและความจำเป็น ดังนี้

2.1 ผู้เรียนจะต้องได้รับการกระตุ้นด้วยคำถามหรือปัญหาที่สามารถค้นได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ โดยผู้เรียนค้นคว้าขึ้นมาจากวิธีที่หลากหลาย โดยทั่วไปแล้วผู้สอนจะให้โอกาสผู้เรียนด้วยการเชื้อเชิญให้ผู้เรียนตั้งคำถามเพื่อที่จะแสดงถึงปรากฏการณ์หรือให้ผู้เรียนได้เกิดการสำรวจตรวจสอบวัตถุ สาร หรือกระบวนการ

2.2 ผู้เรียนต้องได้รับโอกาสให้ได้แสดงความพยายามและจะตอบคำถามปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยได้จากการออกแบบหรือการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ การสังเกตการณ์สาธิตของผู้สอน การเก็บรวบรวมสิ่งของ การสำรวจส่วนประกอบของวัตถุต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้อาจมาจากหนังสือหรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ค้นคว้ามาก็ได้

2.3 ผู้เรียนได้ค้นหาคำอธิบายหรือคำตอบปัญหาที่มี โดยอยู่บนพื้นฐานของปรากฏการณ์ที่เก็บรวบรวมไว้ได้ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะให้หลักการสำหรับผลที่เกิดขึ้นและความสัมพันธ์ที่ค้นหาบนพื้นฐานของปรากฏการณ์และข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุเป็นผลสำหรับผู้เรียน และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะอยู่บนพื้นความรู้ได้ด้วยเพื่อค้นหาความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้น

2.4 ผู้เรียนได้ประเมินผลคำตอบที่ได้ ผู้เรียนจะต้องพิจารณาคำถามในประเด็นต่อไปนี้ คือ มีคำอธิบายที่เป็นไปได้ของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือไม่ มีข้อสรุปที่ไม่ชัดเจนและไม่ถูกต้องหรือไม่

2.5 ผู้เรียนได้นำเสนอการสื่อสารได้คิดค้นคำอธิบายที่ต้องการเสนอ การได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายหรือข้อสรุปจะช่วยให้ผู้เรียนได้มองเห็นถึงความถูกต้องความเป็นไปได้หรือความเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นกับการทดลองเรื่องราวหรือเนื้อหาสาระอื่น ๆ รวมทั้งการประมวลความรู้เพื่ออธิบายความรู้หรือปรากฏการณ์อื่นด้วย

สามารถสรุปได้ว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมีที่สำคัญประกอบด้วย 2 ประการ คือ การสำรวจตรวจสอบและการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติไปพร้อม ๆ กันด้วย

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาเคมี

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดนใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น Rea-Romirez, Clement และ Nunez-Oviedo (2008) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลอง (Generating model) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) และการขยายแบบจำลอง (Elaborating) โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ เช่น ครูอาจให้นักเรียนลองสังเกตการณ์การเดือดของน้ำในกาน้ำที่มีฝาปิด ซึ่งผู้เรียนอาจสังเกตว่าเมื่อให้ความร้อนมาก จะพบว่าฝาของกาน้ำจะขยับมากขึ้น จากเหตุการณ์นี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น พร้อมให้ผู้เรียนวาดภาพจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง(Evaluating model) สำหรับการประเมินแบบจำลองครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในชั้นนี้ควรฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าค้นหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนใน ขั้นที่ 1 (การสร้างแบบจำลอง) ผู้เรียนต้องสำรวจตรวจแบบจำลองของตนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใดและแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่องโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยครูและนักเรียนต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co - construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ตัวบ่งชี้ที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองของนักเรียนเป็นแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วก็คือ มีการเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลองหรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลองรวมถึงมีการใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงการวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสมารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาเคมี ในการจัดการเรียนการสอนจะต้องจัดตามลำดับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองเพื่อให้ผู้เรียนเกิดจินตนาการในการออกแบบแบบจำลองทางความคิดและสามารถนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบายหรือขยายผลในเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

3.1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของบุคคลที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านต่างๆ จากการได้รับมวลประสบการณ์ซึ่งเป็นผลจากการเรียนการสอนมีผู้กล่าวถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้แตกต่าง ดังนี้

ทบวงมหาลัยวิทยาลัย (2525) กล่าวถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544) และกระทรวงการศึกษาธิการได้ปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ ให้เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของนักเรียน โดยยึดจุดประสงค์ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2546)

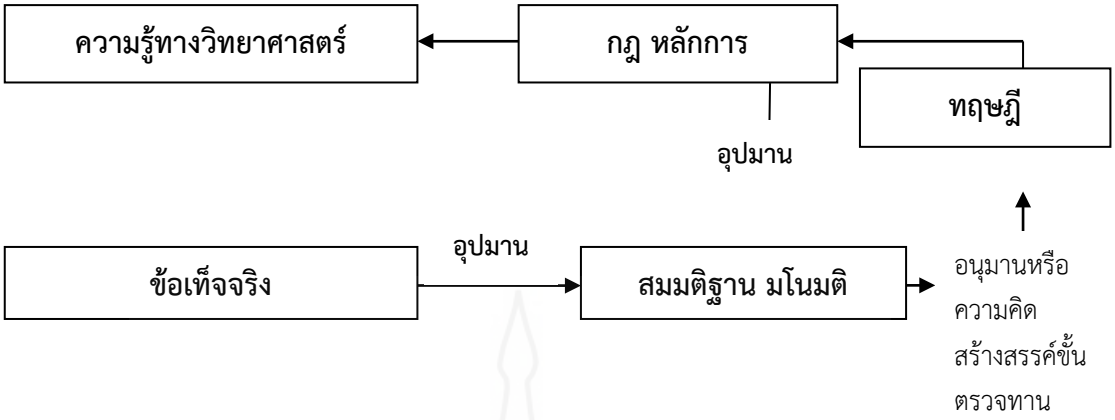
1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะขอบเขต และวงจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม
6. เพื่อสามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิต

3.1.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

1. องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

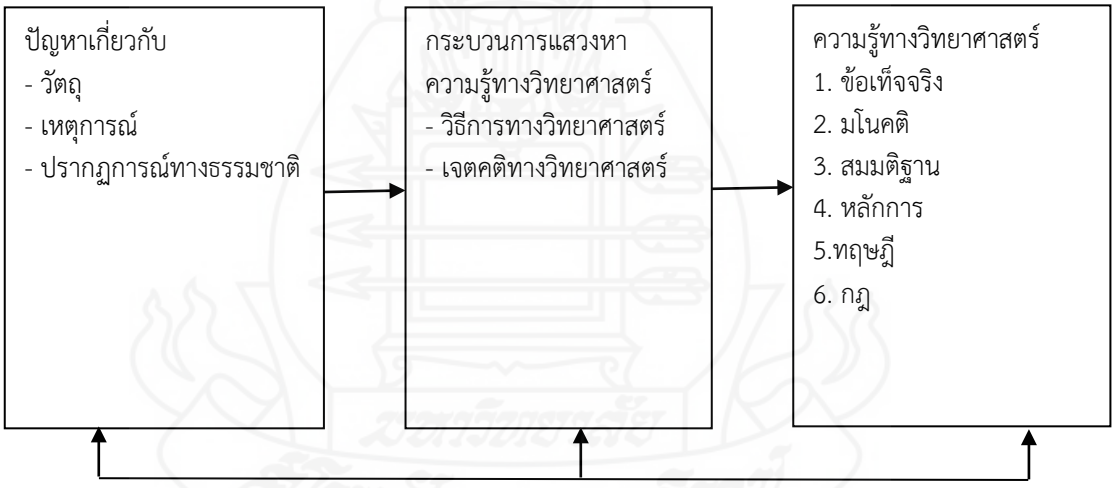
สมจิตร สวธนไพบูลย์ (2535) ได้เสนอไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่เป็นตัวความรู้ (body of knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง (fact) มโนมติ (concept) หลักการ (principle) กฎ (law) ทฤษฎี (theory) และ สมมติฐาน (hypothesis) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ (process of scientific inquiry) เป็นกระบวนการคิดและทำงานอย่างมีระบบการค้นหาความรู้ ข้อเท็จจริงต่างๆ จากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเราด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต ทดลอง และขั้นสรุปผลและการนำไปใช้ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. พฤติกรรมที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2524) กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องวัดทั้งสองส่วน ดังนั้นในการประเมินสามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัด เป็น 4 พฤติกรรมดังนี้

1. ด้านความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึก นำสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนมติ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ ตีความ และการแปลความหมายโดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนมติ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ และนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญสามารถเลือกใช้กิจกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

สมบูรณ์ ชิตพงษ์ และคนอื่นๆ (2540) กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง 3 ด้านคือ

1. ด้านความคิด (COGNITIVE)เป็นความสามารถทางสมอง ด้านความคิด (THINKING) เกี่ยวกับการสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แยกย่อยเป็น 6 ขั้น คือ

1.1 ความรู้ความจำ (MEMORY) เป็นความสามารถในการทรงไว้ รักษาไว้ซึ่งมวลประสบการณ์ต่างๆ ที่ในชีวิตได้รับรู้มา

1.2 ความเข้าใจ (COMPERHENSION) เป็นความสามารถ ในการแปลความตีความและขยายความในเรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิต

1.3 การนำไปใช้ (APPLICATION) เป็นความสามารถในการนำประสบการณ์ที่ได้รับมาไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ในชีวิต

1.4 การวิเคราะห์ (ANALYSIS) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญ และการหาความสัมพันธ์ และหลักการของสิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.5 การสังเคราะห์ (SYNTHESIS) เป็นความสามารถด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เรื่องราวต่างๆ ขึ้นมาใหม่ โดยใช้สิ่งเดิมมาดัดแปลงและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม

1.6 การประเมินค่า (EVALUATION) เป็นความสามารถในการตัดสินประเมินค่าและสรุปในเรื่องราวต่างๆ

2. ด้านความรู้สึก (AFFECTIVE DOMAIN) สามารถแยกเป็นคุณลักษณะที่เข้าใจได้ง่ายๆ ได้แก่ ความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติค่านิยม และการปรับตัวเป็นท่าทีที่มีต่อสิ่งต่างๆ โดยแบ่งเป็น 5 ขั้น คือ

2.1 การรับรู้ (RECEIVING) เป็นความสามารถฉับไวในการที่จะรับรู้ต่อสิ่งเร้าต่างๆ

2.2 การตอบสนอง (RESPONDING) เป็นปฏิกิริยาต่อสิ่งเร้า ด้วยความรู้สึกที่ยินยอมเต็มใจและพอใจ

2.3 การสร้างคุณค่า (VALUING) เป็นการแสดงออกซึ่งความรู้สึกมีส่วนร่วมต่อสิ่งต่างๆ ตั้งแต่การยอมรับ นิยมชมชอบ และเชื่อถือในสิ่งนั้น

2.4 การจัดระบบ (ORGANIZATION) เป็นการสร้างความคิดรวบรวมของคุณค่าที่มีอยู่แล้วให้เป็นระบบโดยอาศัยความสำคัญของคุณค่าในสิ่งยึดถือ

2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (CHARACTERIZATION) เป็นการจัดคุณค่าที่มีอยู่แล้วให้เป็นระบบแล้วยึดถือเป็นลักษณะนิสัยประจำตัวบุคคล

3. ด้านทักษะ (PSYCHOMOTOR DOMAIN) เป็นทักษะในการปฏิบัติมี 3 ขั้น คือ

3.1 การเลียนแบบ (IMITATION) เป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

3.2 การทำตามแบบ (MANIPULATION) เป็นการลงมือทำตามแบบที่สนใจ

3.3 การหาความถูกต้อง (PRECISION) เป็นการตัดสินใจเลือกทำสิ่งที่เห็นว่าถูกต้อง

3.4 การทำอย่างต่อเนื่อง (ARTICULATION) เป็นการกระทำสิ่งที่ถูกต้องอย่างจริงจัง

3.5 การทำโดยธรรมชาติ (NATTURALIZATION) เป็นการปฏิบัติจนเกิดทักษะสามารถปฏิบัติได้โดยอัตโนมัติและเป็นธรรมชาติ

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะด้านความรู้ความสามารถ มวลประสบการณ์ของบุคคลที่ได้รับจากการเรียนการสอน การฝึกอบรม หรือการทำกิจกรรมต่างๆ ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมทั้งในส่วนของเนื้อหาความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานเรียนรู้

3. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 26 ให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียนโดยพิจาณาพัฒนาการของผู้เรียนความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรม และการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับ และรูปแบบการจัดการศึกษาให้สถานศึกษาใช้วิธีการที่หลากหลายในการจัดสรรโอกาสการเข้าการศึกษาต่อ และนำผลการประเมินผู้เรียนมาใช้ประกอบการพิจารณาด้วย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546)

4. ระบบการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) มีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่เริ่มจากการกำหนดจุดมุ่งหมายด้านต่างๆ ซึ่งอาจประกอบด้วย ความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ เจตคติและโอกาสในการเรียนรู้ ต่อจากนั้นจึงกำหนดวิธีการวัดประเมินผลที่หลากหลายทั้งการประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ และการประเมินตามสภาพจริงจากการปฏิบัติงานและผลงานของผู้เรียน ทั้งนี้จะต้องกำหนดเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างเที่ยงตรง การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน เป็นการประเมินตามสภาพจริงมากกกว่าการประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ เนื่องจากการประเมินตามสภาพจริงช่วยสะท้อนถึงสมรรถภาพของผู้เรียนได้ครอบคลุมทุกด้าน

การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินจากการลงมือปฏิบัติจริงของผู้เรียน และเชื่อมโยงการเรียนรู้กับชีวิตและสังคม ซึ่งผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิดและความรู้สึก การประเมินตามสภาพจริงจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมการประเมินผลงานของตนเองและใช้วิธีการประเมินอย่างหลากหลายตามสถานการณ์ที่เป็นจริง โดยการกระทำอย่างต่อเนื่อง การประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

1. เน้นการพัฒนาตนเอง

2. ให้ความสำคัญกับการพัฒนาจุดเด่นของผู้เรียน

3. เน้นการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกเป็นสำคัญ

4. เน้นคุณภาพของผลงานที่ได้จากการบูรณาการความรู้และทักษะ

5. มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตามบริบทของผู้เรียนทั้งที่บ้าน สถานศึกษาและชุมขน

6. สนับสนุนการมีส่วนร่วมและมีความรับผิดชอบร่วมกัน มีการชื่นชมต่อการปฏิบัติงานและผลงาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข

7. กระทำไปพร้อมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อสร้างความเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่ชีวิตจริง

8. เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูงโดยใช้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ในการสังเคราะห์อธิบาย ตั้งสมมติฐาน สรุป และแปลผล

การประเมินสมรรถภาพของผู้เรียนเป็นการประเมินที่จะต้องกระทำอย่างหลากหลายวิธีการเพื่อให้ได้ผลการประเมินครอบคลุมทั้งด้านความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ เจตคติ และโอกาสการเรียนรู้ ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ และแสดงออกตามความสนใจ ความถนัดและความชอบ การประเมินสมรรถภาพของผู้เรียนจะมีการทดสอบด้วยข้อสอบอยู่เป็นส่วนหนึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นการประเมินพฤติกรรมทุกด้านของผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนมากที่สุด สะท้อนถึงความรู้ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ การแก้ปัญหา ความคิดระดับสูง คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ความรอบรู้หรือพหุปัญญา รวมทั้งการพัฒนาการทางร่างกายและจิตใจ

การประเมินสมรรถภาพของผู้เรียนต้องมีการวางแผน เตรียมการ และใช้การประเมินในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการ ภารกิจที่สำคัญที่ต้องเตรียมการวางแผน เตรียมการ และใช้การประเมินในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการ ภารกิจที่สำคัญที่ต้องเตรียมการวางแผนให้รอบคอบ ได้แก่

1. วิธีการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย กิจกรรมของผู้เรียนเป็นส่วนสำคัญ กิจกรรมควรมีอย่างหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสามารถ ความถนัด ความสนใจ และนำมาทดแทนกันได้ เนื่องจากการประเมินด้วยวิธีเดียวจะไม่สามารถประเมินผลสมรรถภาพของผู้เรียนได้ครอบคลุมทุกด้าน

2. เกณฑ์การประเมินผลและแบบบันทึก ต้องสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับวิธีการประเมินเกณฑ์การประเมินที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผลการประเมินเป็นที่น่าเชื่อถือ โดยเกณฑ์การประเมินผลและแบบบันทึกมีลักษณะที่ชัดเจน ใช้สะดวก รวบรวมข้อมูลได้อย่างครอบคลุมตามจุดประสงค์และสื่อความหมายให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจตรงกัน

3. การแปลความหมายผลการประเมิน ต้องมีแนวทางหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการลงสรุปข้อมูล เพื่อจำแนกคุณภาพของงานหรือความสามารถของบุคคลตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เป้าหมายและแนวปฏิบัติของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายและแนวปฏิบัติเช่นเดียวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ครอบคลุมทั้งความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ไขปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ รายละเอียดของเป้าหมายแนวทางปฏิบัติมีดังต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

5. เป้าหมายการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เป้าหมายการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีวิธีการประเมินอย่างหลากหลาย ทั้งการทดสอบด้วยข้อสอบและการประเมินจากการทำกิจกรรมต่างๆ ที่สะท้อนถึงสมรรถภาพของผู้เรียนนั้น มีเป้าหมายสำคัญที่ต้องการวัดผลประเมินผลจำแนกได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

1. ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา หรือแนวคิดหลัก สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านความรู้ความคิด

ความรู้ความคิด	พฤติกรรมการแสดงออก
1. ความรู้ความเข้าใจ	1. รู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสารสนเทศ
2. ความเข้าใจ	2. มีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้
3. การนำไปใช้	3. การนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
4. วิเคราะห์	4. แยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจง่าย
5. สังเคราะห์	5. รวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่
6.ประเมินค่า	6. ตัดสินใจเลือก

การประเมินโดยการทดสอบด้วยข้อสอบ ไม่สามารถวัดผลประเมินความรู้ความคิดในส่วนของการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าได้มากเพียงพอที่จะส่งเสริมผู้เรียนให้พัฒนาความคิดระดับสูง จึงต้องประเมินการแสดงออกของผู้เรียนจากการลงมือปฏิบัติจริงให้มากยิ่งขึ้น

2. กระบวนการเรียนรู้ ความสามารถด้านกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทักษะกระบวนการความคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ การประยุกต์ความรู้ การลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะเชาว์ปัญญาและทักษะปฏิบัติ การประเมินในส่วนของทักษะปฏิบัติใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนที่มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านทักษะปฏิบัติ

ทักษะปฏิบัติ	พฤติกรรมการแสดงออก
1. การรับรู้	1. ใช้ประสาทสัมผัสเพื่อรับรู้เรื่องราวต่างๆ
2. เตรียมความพร้อม	2. มีความพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติ มีการวางแผนการปฏิบัติ
3. การตอบสนอง	3. ลงมือปฏิบัติตามคำแนะนำหรือตามแนวที่วางไว้
4. การฝึกฝน	4. ฝึกฝนทักษะเพื่อเพิ่มความชำนาญ
5. ปฏิบัติจนทำได้	5. ฝึกฝนจนทำได้เองอัตโนมัติ
6. การเชื่อมโยงทักษะ	6. ประยุกต์หรือใช้ทักษะที่ฝึกฝนไว้ให้สัมพันธ์กับทักษะอื่นหรือใช้ร่วมกับทักษะอื่น

กระบวนการเรียนรู้ในส่วนของแนวการเรียนรู้ครอบคลุมการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ไขปัญหา การสื่อสาร และการนำความรู้ไปใช้ สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านกระบวนการเรียนรู้

กระบวนการเรียนรู้	**พฤติกรรมการแสดงออก**
1. การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์	1. มีการเรียนรู้ที่เป็นระบบ ประกอบด้วย 1.1 ความสนใจในเรื่องที่ศึกษา 1.2 การสำรวจและค้นหา 1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป 1.4 การขยายความรู้ 1.5 การประเมิน
2. การแก้ปัญหา	2. มีการใช้กระบวนการแก้ปัญหาประกอบด้วย 2.1 การททำความเข้าใจกับปัญหา 2.2 การวางแผนแก้ปัญหา 2.3 การลงมือแก้ปัญหาและประเมินผลการแก้ปัญหา 2.4 การตรวจสอบการแก้ปัญหาและนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้กับปัญหาอื่น
3. การสื่อสาร	3. มีการสื่อสารความรู้หรือแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์หรือความคิดเห็นแสดงออกด้วยการ 3.1 ให้ความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนความรู้ 3.2 พูดหรือเขียนในรูปแบบที่เหมาะสม ชัดเจน และมีเหตุผล 3.3 อธิบายหรือเขียนสรุปเรื่องราวการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ 3.4 นำเสนอผลงานด้วยการบันทึก จัดแสดงผลงานหรือสาธิต สื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ
4. การนำความรู้ไปใช้	4. มีการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมการดำรงชีวิตและตระหนักในความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแสดงออกด้วยการ 4.1 ค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4.2 ใช้เทคโนโลยีช่วยออกแบบสิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์และวิธีการแก้ปัญหา 4.3 รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทางเทคโนโลยี เลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถตรวจสอบติดตาม และประเมินได้จากการปฏิบัติงานและผลงานของผู้เรียน การทำกิจกรรมทำให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดงความสามารถ ด้านทักษะเชาว์ปัญญา ทักษะปฏิบัติ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ไขปัญหา การนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งความสามารถด้านการสื่อสาร ซึ่งเป็นทักษะในการดำเนินชีวิตและทักษะทางสังคม

3. เจตคติ เจตคติเป็นจิตสำนึกของบุคคล ที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ส่วน คือ เจคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ด้วยการสังเกตพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของผู้เรียน ที่ใช้ระยะเวลานานพอสมควร และมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปพฤติกรรมของการแสดงออกของผู้เรียนด้านเจตคติมีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนทางด้านเจตคติ

เจตคติ	พฤติกรรมการแสดงออก
1. การรับรู้	1. สนใจและรับรู้ข้อสนเทศหรือสิ่งเร้าใจด้วยความตั้งใจ
2. ตอบสนอง	2. ตอบสนองต่อข้อสนเทศหรือสิ่งเร้าอย่างกระตือรือร้น
3. เห็นคุณค่า	3. แสดงความรู้สึกชื่นชอบ และมีความเชื่อเกี่ยวกับคุณค่าของ
4. จัดระบบ	เรื่องที่เรียนรู้
5. สร้างคุณลักษณะ	4. จัดระบบ จัดลำดับ เปรียบเทียบ และบูรณาการเจตคติกับ
	คุณค่าเพื่อนำไปใช้หรือปฏิบัติได้
	5. เลือกปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติในสิ่งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหรือนิสัยของผู้เรียน ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้หรือเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความพอใจ ศรัทธาและซาบซึ้ง เห็นค่าและประโยชน์ รวมทั้งมีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

6. แนวทางการปฏิบัติในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ใช้แนวทางการประเมินสภาพจริงด้วยการประเมินอย่างหลากหลายให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน โดยการกำหนดวัตถุประสงค์สำคัญประกอบด้วย

1. วินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านสืบเสาะหาความรู้ การแก้ไขปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ การใช้เทคโนโลยี รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนด้านจิตวิทยาศาสตร์ และโอกาสของการเรียนรู้เพื่อนำผลประเมินที่ได้ไปเป็นแนวทางพัฒนาผู้เรียนอย่างเต็มตามศักยภาพ

2. ตรวจสอบผลการเรียนของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ ของสาระกลุ่มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ผลการตรวจสอบชี้บ่งคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. รวบรวมข้อมูลและจัดระบบสารสนเทศ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อมีข้อมูลสาระสนเทศที่สมบูรณ์ ทันต่อการไปพัฒนาผู้เรียนและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางกำหนดนโยบายการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้ได้มาตรฐานที่สูงยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความเท่ากันกับนานาประเทศ

การประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว เป็นการประเมินสมรรถภาพของผู้เรียน ที่จะต้องมีเครื่องมือการประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ ทั้งวิธีการประเมิน กิจกรรม เกณฑ์การประเมิน และแบบประเมินส่วนหนึ่งของเครื่องมือการประเมิน ที่ผู้สอนต้องให้ความสำคัญของการประเมินไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อการเตรียมความพร้อมไว้ ก่อนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะด้านความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถในการนำมวลประสบการณ์ที่ได้รับจากกการเรียนการสอนและการทำกิจกรรมต่างๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมทั้งในส่วนของเนื้อหาความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ เป็นปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะด้านความรู้ความสามารถมวลประสบการณ์ของบุคคลที่ได้รับจากการเรียนการสอน การฝึกอบรม หรือการทำกิจกรรมต่างๆ โดยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมทั้งในส่วนของเนื้อหาความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานเรียนรู้

3.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การสอบหรือการทดสอบ (TESTING) หมายถึง การหาหรือกำหนดปริมาณ หรือคุณลักษณะของพฤติกรรมหรือความสามารถของบุคคล โดยใช้ข้อสอบเป็นเครื่องมือหรือเป็นสิ่งเร้า ดังนั้นการสอบหรือการทดสอบดังกล่าว ก็คือการวัดผลการศึกษาอย่างหนึ่ง ซึ่งใช้ข้อสอบทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของบุคคลนั่นเอง ในการวัดผลการศึกษา การสอบจัดว่าเป็นวิธีที่ใช้กันมากและแพร่หลายกันมากที่สุดเมื่อมีการสอนเมื่อใด มักมีการสอบทุกครั้งจนในบางครั้งสามารถใช้คำว่า การสอบแทนความหมายของการวัดผลทางการศึกษา การสอบซึ่งใช้ข้อสอบเป็นเครื่องมือวัดนั้น ผลการสอบที่ได้มักจะออกมาเป็นคะแนน และถือว่าคะแนนที่ได้ใช้แทนคุณลักษณะความสามารถที่บุคคลแสดงออกมาหรือตอบสนองออกมาอย่างเต็มความสามารถนั่นคือ การสอบทุกครั้งถือว่าเป็นช่วงที่บุคคลแสดงความสามารถสูงสุด (MAXIMUM ABILITY) ออกมาเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือข้อสอบนั้น ดังนั้นการสอบที่ดีจึงต้องพยายามดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบของการสอบประกอบด้วย

1. บุคคลที่ถูกวัดคุณลักษณะ
2. แบบทดสอบที่เป็นสิ่งเร้า
3. การดำเนินการสอบ
4. ผลการสอบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (ACHIEVEMENT TEST)

เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งพัฒนางอกงามขึ้นโดยการเรียนรู้ของผู้เรียน หรือมุ่งสอบถามความสามารถในการเรียนรู้ผู้เรียนว่าเรียนมาแล้วรู้อะไร ข้อสอบประเภทนี้จึงวัดคุณลักษณะด้านความรู้ความคิดในส่วนที่เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้กัน

แพร่หลายที่สุด หรือเป็นเครื่องมือหลักในการวัดผลการศึกษานั้นเอง หน้าที่สำคัญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็คือมุ่งตรวจสอบความสามารถ (ABILITY) ในการเรียนของบุคคล ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับระดับความสามารถในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าสัมฤทธิ์ผล (ACHIEVED) ไปมากน้อยเพียงใดหลังจากที่ได้เรียนไปแล้ว

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบ

2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา

3. สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และเลือกมาตรฐานการเรียนรู้

4. สร้างข้อสอบตามตารางวิเคราะห์เนื้อหา ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (MULTIPLE CHOICE) 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และมีคำตอบลวงอีก 3 คำตอบ ให้สอดคล้องและวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยอาศัยตารางวิเคราะห์เนื้อหา สร้างข้อสอบจำนวน 60 ข้อ

5. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ประเมินผลความตรงเชิงเนื้อหาจากค่าดัชนีความสอดคล้องเป็นรายข้อ IOC (ITEM OBJECTIVE CONCURENCE) ตลอดจนความชัดเจนและความถูกต้องในการใช้ภาษา และแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

IOC > 0.5 ถือว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

IOC < 0.5 ให้ตัดออกหรือปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น

6. คัดเลือกเอาข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เพราะถือว่าข้อสอบนั้นเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่จะทดสอบ ถ้าข้อสอบนั้นมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ข้อสอบนั้นถูกตัดออกหรือปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจแก้ไขและปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (TRY OUT) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

8. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (R) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ TEST ANALYSIS PROGRAM (TAP)

9. คัดเลือกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากว่า 0.20

4. ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ

ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการคิดเชิงผลิตภาพจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ความหมายและองค์ประกอบของการคิดเชิงผลิตภาพ

4.1.1 ความหมายของการคิดเชิงผลิตภาพ

คิดผลิตภาพหรือคิดเชิงผลิตภาพ (Productive or Product-Oriental Thinking) เป็นความคิดหนึ่งในปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ และผลิตภาพที่เสนอว่าการจัดการศึกษาในสังคมไทยปัจจุบันนี้นั้นควรต้องพัฒนาปรัชญาการศึกษาในเชิงที่สอนให้ผู้เรียนต้องคิดสร้างสรรค์และมีผลผลิตด้วยพร้อมกันไป (Creative and Productive Philosophy of Education) เพื่อแก้พฤติกรรมบริโภคนิยม (Consumerism) และปรับเปลี่ยนสังคมไทยให้เป็นสังคมผลผลิตนิยม (Productivism) มากขึ้น สังคมไทยจะไม่เป็นเมืองขึ้นทางความคิดของต่างประเทศและไม่เป็นประเทศที่ซื้ออย่างเดียวเป็นหลักใหญ่ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2549)

ปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพนั้นได้กำหนดให้ผู้เรียนในปรัชญานี้มีลักษณะสำคัญ 4 ประการคือ 1) มีจิตคิดวิเคราะห์ 2) จิตคิดสร้างสรรค์ 3) จิตคิดผลิตภาพ และ 4) จิตคิดรับผิดชอบ

การคิดผลิตภาพแตกต่างไปจากการคิดอื่นๆ อย่างมาก การคิดอย่างอื่น เช่น คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีลักษณะเป็นนามธรรม ที่อยู่ในระบบคิดของแต่ละคนเป็นหลัก การพิจารณาดูว่าคนแต่ละคนมีความคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์หรือไม่ จึงต้องอาศัยการวิเคราะห์ในเชิงรูปธรรมมาช่วยทำความเข้าใจ แต่ความคิดเชิงผลิตภาพแตกต่างกับความคิดดังกล่าวเพราะความคิดเชิงผลิตภาพเป็นความคิดในเชิงรูปธรรม การตัดสินใจว่าคนใดคนหนึ่งจะมีความคิดเชิงผลิตภาพหรือไม่ต้องดูว่าชั้นสุดท้ายแล้วคนนั้นมีผลงานหรือมีผลผลิตหรือไม่ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2559)

สามารถให้นิยามความหมายของการคิดผลิตภาพได้ว่าเป็นกระบวนการทางสมองของคนที่ก่อรูปขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนจากเห็นภาพนั้นในสมองและนำภาพนั้นออกมาเป็นรูปธรรมได้ รูปธรรมนี้อาจจะเป็นความคิดก็ได้ งานวิชาการก็ได้ สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ก็ได้ แต่ต้องเป็นรูปธรรมของความที่ชัดเจนสื่อต่อคนอื่นได้ การศึกษาของไทยเราส่วนใหญ่แล้วเน้นความคิดในเชิงนามธรรมคือยังเป็นภาพภายในไม่สามารถนำออกมาเป็นภาพได้ จะยังไม่เรียกความคิดภายในนี้ว่าคิดเชิงผลิตภาพ แต่ถ้าเจ้าของความคิดนั้นสามารถนำเอาความคิดนั้นออกมาเป็นความคิดภายนอกได้จนเห็นรูปธรรม แล้วจึงเรียกคนผู้นั้นว่ามีความคิดเชิงผลิตภาพ

หลักสำคัญของการคิดเชิงผลิตภาพอยู่ที่รูปธรรมของความคิดหรือผลผลิตของความคิดเป็นสำคัญ ความคิดเชิงผลิตภาพจึงไม่ใช่ความคิดที่เกิดขึ้นได้ง่ายๆ แต่เป็นความคิดที่ต้องอาศัยการฝึกฝนประกอบด้วย เมื่อความคิดเชิงผลิตภาพมีจุดสำคัญอยู่ที่ผลผลิตหรือรูปธรรมของความคิด ความสำคัญของความคิดเชิงผลิตภาพจึงอยู่รูปธรรมนั้นอันได้แก่ ตัวความคิดเอง งานวิชาการ หรือสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าว

4.1.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงผลิตภาพ

1. Situated Learning and Prepare Real Learning Context การเรียนรู้กับสภาพจริงหรือการเตรียมบริบทตามสภาพจริง โดยผู้สอนจะเป็นผู้เริ่มต้นด้วยการชี้แจงจุดมุ่งหมายของการเรียนแล้วนำเรื่องด้วยปัญหาต่างๆ (Problem-based Learning) ที่ครูหยิบยกขึ้นมาถามขั้นผู้เรียนว่า ใครเห็นว่าเป็นปัญหาหรือไม่เป็นปัญหาอย่างไร หรืออาจจะหยิบยกประเด็นที่แม้ไม่เป็นปัญหาแต่ก็ควรจะทำให้ดีขึ้นได้ หรืออีกกรณีหนึ่งอาจจะเป็นประสบการณ์ข้อคิดของผู้เรียนเองที่เคยพบมา เคยคิดมาก่อนหรือได้ยินได้ฟังมาแต่อยากรู้เพิ่มเติม ฯลฯ ในขั้นตอนนี้ครูจะต้องพยายามและสังเกตว่าสิ่งที่นำมาให้เด็กหรือให้คิดเองนั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสนใจจริงๆ จึงจะทำให้การเรียนประสบความสำเร็จและได้ผลดี

2. Self-Directed Learning and Cooperative Learning เมื่อได้ประเด็นเรื่องราว หัวข้อ สิ่งของ ที่เราอยากรู้ อยากทำแล้วครูจะให้ผู้เรียนคิดพิจารณาเองเพื่อให้ทุกคนชัดเจนในประเด็นของตนเองซึ่งอาจจะร่วมกันกำหนดจุดมุ่งหมาย ร่วมกันกำหนดเป้าหมายที่ผลลัพธ์ที่ต้องการได้อยากเห็นอะไรจากสิ่งที่คิดและเสนอกันนั้น ในขั้นตอนนี้ครูต้องกระตุ้นให้เด็กคิดเองแล้วแลกเปลี่ยนกันอีกทีหนึ่ง การทดสอบแนวคิดในขั้นนี้คือการทดสอบจะสามารถชักจูง (Convince) ให้คนอื่นเขาเห็นตามได้หรือไม่ ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนควรจะได้รับการสอนให้คิดให้ตลอดว่าปัญหาที่ตั้งไว้แต้ต้นจะคิดแก้อย่างไร

3. Work-Based Learning and Collaborative Learning เมื่อปรับแก้โครงการจนเห็นภาพการดำเนินการชัดเจนแล้วขั้นตอนที่ 3 นี้ก็คือการลงมือทำและทำแบบร่วมมือในแนวคิด Collaborative-Based Learning ถือว่าการปฏิบัติงานไม่ว่างานอะไรต้องทำงานร่วมกันอยู่เสมอ การลงมือทำร่วมกันจึงเป็นสำคัญเพราะในชีวิตจริงไม่มีการทำงานใดที่ทำคนเดียว การให้ผู้เรียนได้หาประสบการณ์ตรงจากที่วางแผนตั้งแต่ขั้นตอนก่อน

4. Assess-Based and Follow-up ขั้นตอนนี้คือการประเมินและติดตามดูว่าผู้เรียนทำได้ผลเพียงไร ควรปรับปรุงอะไรบ้าง การประเมินที่ต้องอาศัยคนนอกมาช่วยด้วย เมื่อประเมินแก้ไขแล้วก็ต้องติดตามทุกอย่างว่าได้แก้ไขจริงจังตามที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด

5. Linkage Stage and Market the Product เมื่อได้ผลเป็นผลิตผลแล้วต้องเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ผู้ใช้จริง ถ้าผู้ใช้เห็นด้วยและบอกได้ว่าใช้ได้แค่ไหนและจะเผยแพร่ได้แค่ไหน (Zhao, 2012) ในบางกรณีขั้นตอนนี้อาจจะนำไปสู่การจัดการเรื่องการขายต่อไปด้วยเหตุนี้การคิดผลิตภาพหรือการคิดในเชิงผลิตภาพ (Productivity-based Thinking) จึงเป็นความจำเป็นของสังคมที่จะสร้างสรรค์สืบเนื่องและเชื่อมต่อสังคมให้ก้าวหน้าต่อไป

4.2 ขอบเขตของการคิดเชิงผลิตภาพ

ปัจจุบันสังคมไทยมีปัญหาด้านการคิดหลายอย่าง ซึ่งสะท้อนจากข่าวที่มีการนำเสนอในสื่อต่างๆ ปัญหาดังกล่าว ได้แก่ 1) คิดผิด คือการได้รับผลเสียจากการกระทำตามสิ่งที่คิดไว้แต่ไม่เป็นตามที่ติดอาจเกิดจากการคิดไม่รอบคอบ 2) คิดไม่เป็น คือการทำเลียนแบบความคิดของคนอื่นโดยไม่มีการดัดแปลงให้เหมาะสมกับตัวเอง หรือใช้ชีวิตอย่างเคยชินโดยไม่ต้องคิดอะไร 3) คิดแล้วไม่ทำ คือการรับรู้และทำความเข้าใจกับสิ่งที่เป็นปัญหาจนมองเห็นสาเหตุที่มาที่ไปและผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้น แต่ไม่มีการแก้ไขคงปล่อยให้เกิดความผิดพลาดซ้ำๆ อยู่เรื่อย ถ้ามีการนำความคิดนั้นมาลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังก็จะไม่เกิดปัญหาที่เคยเกิดแล้วได้อีก ความผิดพลาดจากการคิดแล้วไม่ทำเป็นมีความเกี่ยวข้องกับการขาดความสามารถด้านการคิดผลิตภาพของคนไทย

การคิดเชิงผลิตภาพ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการทำภาพที่เกิดขึ้นให้ออกมาเป็นสิ่งที่เป็นผลิตภาพที่เป็นรูปธรรม ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาหรือไปทำประโยชน์ในงานต่างๆ ได้ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2559)

ตัวอย่างปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้นในสังคมไทย ที่แสดงว่าคนไทยยังขาดความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ ได้แก่ การทำอาชีพ หรือผลิตสินค้าในรูปแบบที่ซ้ำๆ กันจนทำให้สินค้าที่ผลิตได้มีราคาต่ำลง ปัญหาการปลูกยางพาราที่มีนโยบายส่งเสริมให้คนภาคต่างๆ ปลูกและกรีดยาง จนทำให้มีปริมาณยางมากจนล้นตลาดทำให้ราคาตกต่ำจนต้องออกมาประท้วงขอความช่วยเหลือจากรัฐบาล และต้องมีการคิดหาวิธีจะนำยางดิบไปใช้ทำสินค้าอะไรได้บ้าง ซึ่งก็คงเป็นปัญหาอยู่ ทั้งนี้เพราะคนปลูกยางคิดอย่างเดียวว่าจะขายยางดิบ และผู้ที่คิดนโยบายเริ่มต้นที่จะสนับสนุนให้คนปลูกยางกันมากๆ ไม่ได้คิดเลยไปว่าเมื่อมีผลผลิตยางดิบออกมามากๆ แล้วจะเอายางดิบนั้นไปทำอะไร หรือเอาไปขายใคร จึงทำให้เกิดปัญหา เช่นเดียวกันกับปัญหาการจัดการเรียนรู้สาระการงานอาชีพเทคโนโลยีที่ไม่สามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายในการนำความรู้ความสามารถในการทำงานบ้าน งานเกษตร งานประดิษฐ์ งานช่าง มาผลิตเป็นสินค้าและนำไปประกอบเป็นอาชีพได้ มีผลให้ตลาดแรงงานของไทยมีจำนวนคนต่างด้าวมากกว่าคนไทย และการที่คนไทยยังติดนิสัยบริโภคมากกว่าผลผลิตนิยม คือ แสดงบทบาทเป็นผู้ใช้และผู้ซื้อมากกว่าผู้สร้างและผู้ขาย มีผลให้เศรษฐกิจของชาติไม่เจริญก้าวหน้าเท่าที่ควร การทำความเข้าใจกับความหมายและขอบข่ายของการคิดผลิตภาพจะช่วยนำทางให้เกิดการฝึกฝนพัฒนาคนไทยให้มีความสามารถในการคิดผลิตภาพได้มากขึ้น

การคิดเชิงผลิตภาพมีขอบข่ายเกี่ยวข้องกับการคิดและความสามารถอื่นๆ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดจินตนาการ การคิดสร้างสรรค์ การเชิงระบบ และความสามารถในการสื่อสารดังจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

4.2.1 การคิดเชิงผลิตภาพกับการคิดสังเคราะห์

การคิดสังเคราะห์เป็นการคิดรวมส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้ามาอยู่รวมกันทำให้เกิดผลงานเป็นสิ่งใหม่ขึ้น ซึ่งในการคิดผลิตภาพก็ต้องมีการผลิตผลงานเกิดขึ้นเช่นกัน การคิดผลิตภาพจึงต้องมีการคิดสังเคราะห์รวมอยู่ด้วย ผู้คิดจะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นองค์ประกอบในการคิด นำไปสู่ความสามารถในการผลิตผลงานที่เป็นผลิตภาพได้

4.2.2 การคิดเชิงผลิตภาพกับการคิดจินตนาการ

การคิดจินตนาการเป็นความสามารถในการคิดสร้างภาพสิ่งของหรือเหตุการณ์โดยอาจมีข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งที่จินตนาการหรือเป็นการคิดอย่างอิสระก็ได้ ในการคิดผลิตภาพผู้คิดอาจใช้การคิดจินตนาการได้หลายขั้นตอน โดยในจุดเริ่มต้นหรือยังไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการผลิตมากนัก การใช้การคิดจินตนาการได้มาจากการใช้ความคิดอิสระ แต่ถ้าผู้คิดมีข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการผลิตมากแล้ว การใช้จินตนาการจะมีระบบและรูปธรรมมากขึ้น

4.2.3 การคิดเชิงผลิตภาพกับการคิดสร้างสรรค์

การคิดสร้างสรรค์เป็นการคิดเชิงบวกเพื่อให้ได้ผลผลิตของการคิดเป็น สิ่งที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำแบบใคร และสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาหรือไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการดำรงชีวิตในทิศทางที่ดีขึ้น คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ถ้าได้แต่คิดไม่ทำความคิดสร้างสรรค์นั้นก็ไม่เกิดประโยชน์การคิดผลิตภาพจึงเป็นส่วนที่ผลักดันในการคิดสร้างสรรค์มีผลเป็นรูปธรรม และนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง หรือ

อาจเป็นไปได้ว่าการคิดสร้างสรรค์เป็นส่วนประกอบที่อยู่ในคิดผลิตภาพ ถ้าไม่มีพฤติกรรมการคิดสร้างสรรค์ก็ไม่มีแนวทางหรือไม่มีเป้าหมายว่าต้องการผลิตอะไร และถ้ามีแต่การคิดสร้างสรรค์ก็ไม่มีโอกาสในสิ่งที่คิดสร้างสรรค์นั้นเป็นความจริงขึ้นมา

4.2.4 การคิดเชิงผลิตภาพกับการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบเป็นการคิดเชิงองค์รวมหรือภาพรวม โดยตระหนักถึงองค์ประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์และมีหน้าที่เชื่อมโยงกันในลักษณะที่เรียกว่าระบบ ซึ่งประกอบด้วยสิ่งเหล่านี้

1. ความคิดและความเข้าใจในภาพรวมทั้งระบบ เป็นการมองภาพกว้างๆ ทั้งหมดของสิ่งที่คิด และพิจารณาว่าในสิ่งที่เป็นภาพกว้าง เรียกว่าระบบใหญ่ ประกอบด้วยระบบย่อยๆ อะไรอยู่บ้างและแต่ละระบบย่อยๆ นั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร เช่น ถ้าพิจารณาร่างกายเป็นระบบใหญ่ที่ประกอบด้วยระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบไหลเวียนโลหิต เป็นต้น

2. การคิดในลักษณะเชื่อมโยง เป็นการคิดมองแบบภาพรวม มองให้เห็นภาพทั้งหมด มีการสังเคราะห์มองเส้นปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทั้งในความสัมพันธ์เชิงลึก และความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้งความสัมพันธ์ซับซ้อนเป็นการเน้นการคิด แบบกระบนการหรือวิธีคิดแบบองค์รวม

3. การคิดเชิงเครือข่าย ทำให้ผู้คิดเห็นความสัมพันธ์แบบเครือข่ายและมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันภายในระบบนั้น รวมถึงสมาชิกของระบบที่มีการติดต่อเชื่อมโยงกัน เช่น ระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ที่ทำงานเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน แนวคิดนี้เป็นพื้นฐานของการพัฒนาองค์กรแห่งการเรียนรู้

4. การคิดที่มีความสัมพันธ์กับแนวคิดไซเบอร์เนติกส์ (Cybernatics) เป็นแบบแผนของเครือข่ายและการค้นพบวงจรป้อนกลับ (feed back loop) หรือเป็นวงจรชีวิตในลักษณะที่แต่ละองค์ประกอบส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบถัดไปจนถึงองค์ประกอบสุดท้าย ป้อนผลกระทบกลับสู่องค์ประกอบตัวแรกของวงจร ทำให้เกิดความเข้าใจเรื่องระบบนิเวศ และเรื่องความสัมพันธ์ในชุมชน

การคิดที่ทำให้ผู้คิดมองเห็นความสัมพันธภาพ และเกิดความเข้าใจต่อสัมพันธภาพนั้นๆ ทำให้เกิดความเข้าใจเรื่องแบบแผน (pattern) และนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้

สรุปได้ว่าการคิดเชิงระบบ คือ การคิดในภาพรวมทำให้ผู้คิดเกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยต่างๆ ที่มีความเชื่อมโยง และส่งผลกระทบต่อกันเป็นวงจรรวมกันอยู่ในลักษณะเป็นเครือข่าย และมีแบบแผนที่แน่นอน การคิดเชิงระบบนำไปสู่การเข้าใจปรากฏการณ์และการแก้ไขปัญหาได้

4.3 ลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ

ในทางการศึกษามีหลักในความเชื่อเกี่ยวกับมนุษย์อยู่ว่ามนุษย์มีความหลากหมาย คือ มีหลายประเภทแล้วแต่ความถนัดและสนใจของแต่ละบุคคล การทำความเข้าใจกับบุคคลแต่ละประเภทจึงต้องมีภาพเป้าหมายและภาพความคาดหวังที่ชัดเจน เราจึงจะเข้าใจลักษณะของคนๆ นั้นและในขณะเดียวกันก็ส่งเสริมให้เขาพัฒนาตัวเขาเองให้มีลักษณะในแนวทางนั้นด้วย

ความคาดหวังต่อคนที่มีความคิดในเชิงผลิตภาพหรือคนที่มุ่งเน้นต่อการสร้างผลงาน (Cutcome-Based, Product-Based) นั้น ผู้เรียนจะพัฒนาตนเองและเติบโตไปด้วยเป้าหมายของการสร้างและผลิตสิ่งใหม่ๆอยู่เสมอ ไม่หยุดนิ่งต่อการสร้าง การพัฒนา การลงมือทำ เพื่อให้ผลผลิตใหม่ๆ

ออกมาเสมอ บุคคลลักษณะนี้อาจจะไม่ใช้ชีวิตทั้งหมดเพื่อการคิด ปรัชญา สร้างอย่างนักประดิษฐ์ในอดีตที่ทุ่มเททั้งชีวิตเพื่อการนี้ แต่อย่างน้อยจะใช้ชีวิตส่วนใหญ่อย่างไม่หยุดนิ่งเพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานในแนวทางที่สนใจ เชื่อ และอยากเห็น

บุคคลเหล่านี้จะต้องเป็นคนช่างสังเกต เรียนรู้ และสงสัยในสิ่งแวดล้อมรอบตัวอยู่เสมอ พร้อมทั้งมุ่งเน้นในสิ่งที่จะทำซึ่งรวม 7 ลักษณะดังนี้ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2559) ดังภาพที่ 2.4

คุณสมบัติ 7 ประการของคนคิดเชิงผลิตภาพ
1. ช่างสังเกต 2. คิดต่อเนื่องได้ 3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ 4. เชื่อมโยงกับผลผลิต 5. คิดและทำด้วยพร้อมกันไป 6. มุ่งทำให้เสร็จ คิดให้ตลอด 7. พร้อมรับการทดสอบ/การประเมิน/และการตำหนิ

ภาพที่ 2.4 คุณสมบัติ 7 ประการของคนคิดเชิงผลิตภาพ

คุณสมบัติ 7 ประการของคนคิดเชิงผลิตภาพมีคำอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

คุณลักษณะประการที่ 1 คือ จะต้องช่างสังเกตสิ่งรอบตัว ไม่ละเลยมองข้ามสิ่งที่สัมผัสจับต้องและมองเห็น เมื่อสังเกตเห็นแล้วหรือเมื่อสัมผัสจับต้องแล้วนั้น จะทำให้เกิดการเรียนรู้ตามมาโดยจะฉุกคิด ฉุกเห็น และฉุกสัมผัสขึ้นได้ทันที แต่ถ้ามองข้ามไปก็จะไม่เรียนรู้อะไร การเรียนรู้จะทำให้คิดต่อหรือสนใจในสิ่งที่เห็นซึ่งจะช่วยให้คิดต่อว่าจะทำอะไรต่อไป

คุณลักษณะประการที่ 2 คือ มีความคิดต่อเนื่อง เชื่อมโยง และนำไปสู่ประเด็นอื่นได้สืบเนื่องจากข้อแรก เมื่อรู้จักสังเกตแล้วจะต้องมีความสัมพันธ์ต่อ คือ การคิดต่อเนื่อง เพราะถ้าไม่คิดต่อเนื่องแล้วทุกอย่างก็จะหยุดลงแค่นั้น คนที่จะคิดในลักษณะที่จะผลิตอะไรได้นั้นจะต้องคิดต่อเนื่องเชื่อมโยงและนำไปสู่ประเด็นอื่นๆ ได้ ความคิดใหม่ๆ จะเกิดขึ้น ความคิดที่ให้มีผลงานอะไรก็จะตามมา คนที่จะรู้จักสังเกตได้นั้นต้องฝึกฝนอยู่เสมอ ต้องฝึกโดยคิดดูว่าเมื่อเราเห็นสิ่งนี้แล้วเราคิดอะไรต่อบ้าง สิ่งที่เขาคิดต่อมีลักษณะอย่างไรในข้อนี้จะเห็นได้ว่าการคิดผลิตภาพจะเชื่อมโยงกับความคิดสร้างสรรค์อยู่มาก เราอาจกล่าวได้ว่าความคิดผลิตภาพเป็นส่วนต่อของความสร้างสรรค์ก็ได้

คุณลักษณะประการที่ 3 คือ การมองเห็นแนวทางแนวปฏิบัติ หรือแนวทางปรับปรุง มองเห็นขั้นตอนของการทำงานและมองเห็นว่าถ้าคิดถึงเรื่องนี้จะทำอย่างไร คุณสมบัติในข้อนี้ที่เห็นได้ชัดเจนและต้องการเน้นวิธีการปฏิบัติหรือการลงมือทำ การที่มีข้อสังเกตข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว แล้วมองต่อไปได้ว่าข้อสงสัยนั้นน่าจะมีปัญหาอะไรและปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับอะไรบ้างการมองว่าเกี่ยวข้องกับอะไรบ้างนั้นจะนำไปสู่การมองเห็นว่าแล้วจะทำอย่างไรต่อไปอาจจะเลิกกิจกรรมนั้น หรือเพิ่มเติมให้มากขึ้น (ให้ดีพอหรือดีมาก) หรือปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นอย่างไร เป็นต้น คนที่จะคิดทำอะไรได้ดีนั้นจะมองเห็นเสมอว่าในเรื่องนี้ประเด็นนี้เราควรจะทำอย่างไรบ้าง

คุณลักษณะประการที่ 4 คือ เชื่องโยงกับผลผลิต มองเห็นได้ชัดว่าถ้าลงมือทำอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วจะได้อะไรขึ้นมา คำว่าได้ในนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นรูปธรรม (Matter หรือ Product อย่างเดียว) แต่ต้องเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น และจับต้องได้เช่น ความคิด ค่านิยม ความสามารถในการสรุปเรียบเรียงขึ้นใหม่ก็ได้

คุณลักษณะที่ 5 คือ คิดแล้วทำ ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเลคุณลักษณะข้อนี้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของคิดผลิตภาพเพราะเป้าหมายสุดท้ายของคิดในเชิงผลิตภาพก็คือ การมีผลผลิต (Product) ออกมาผลผลิตจะเป็นอะไรนั้นไม่ใช่ประเด็นสำคัญ หลักใหญ่ของการคิดผลิตภาพคือให้มีผล (Product) จากการกระทำซึ่งผลคือจะเป็นแนวคิด (ที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า คิดต่อ จัดลำดับความคิดใหม่) วิธีการ (ที่เกิดจากการได้วิเคราะห์พัฒนาขึ้นใหม่) ที่พิจารณาแล้ว ผลงานวิชาการ (เช่น ตำรา หนังสือ เอกสารต่างๆ) ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ (ที่เกิดจากการค้นคว้าทดลอง และได้ผลออกมาเป็นสิ่งของ เป็นต้น)

คุณลักษณะที่ 6 คิดให้ตลอด มุ่งทำงานให้แล้วเสร็จ คุณสมบัติข้อนี้สืบเนื่องจากข้อที่ 5 ที่จะต้องลงมือทำงานและคุณสมบัติที่ตามมา คือ ทำให้แล้วเสร็จ มีคนจำนวนไม่น้อยที่ลงมือทำแต่ไม่มีความมุ่งมั่นให้สำเร็จ จึงจะทำให้คิดในเชิงผลิตภาพไม่สำเร็จสมบูรณ์ การฝึกคิดในลักษณะผลิตภาพนอกจากฝึกให้ทำงานแล้วยังต้องฝึกให้ทำงานให้สำเร็จด้วยพร้อมกันไป

คุณลักษณะที่ 7 พร้อมรับการทดสอบ ประเมินหรือแม้ตำหนิผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง โดยเฉพาะเมื่อเป็นชั้นเรียน ผู้สอนอาจไม่เชี่ยวชาญหรือไม่ชำนาญในเรื่องหรือผลผลิตที่นักเรียนทำขึ้นจึงต้องอาศัยคนนอกมาประเมิน ผู้เรียนจึงต้องพร้อมที่จะรับการทดสอบและประเมินเพื่อนำมาปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป นอกจากคุณสมบัติ 7 ประการนี้แล้ว สมพร โกมารทัต (2557) ยังเสนอคุณสมบัติของผู้สอนและผู้เรียนในเชิงผลิตภาพไว้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของผู้สอนและผู้เรียนในเชิงผลิตภาพ

คุณสมบัติของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
1. เป็นผู้ประสานงาน	1. เป็นผู้ปฏิบัติที่ดี (Good Practice)
2. เป็นผู้อำนวยความสะดวก	2. เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ (Responsible)
3. เป็นผู้ชี้นำและชี้แนะ	3. เป็นผู้มีความคิดดี (Positive Thinking)
4. เป็นผู้คิดกิจกรรรมให้ผู้เรียนตื่นตัวและกล้าแสดงออก	4. เป็นผู้ใฝ่รู้ (Learning-Oriented)
5. เป็นผู้กระตุ้นให้กล้าพูด กล้าถาม กล้าทำ และให้กำลังใจเมื่อผู้เรียนทำผิดพลาด	5. เป็นผู้มีมนุษย์สัมพันธ์ (Sociable)
6. เป็นผู้สนับสนุนส่งเสริมและเติมเต็มศักยภาพของผู้เรียน	
7. เป็นผู้แสวงหาโอกาสให้ผู้เรียนแสดงผลงาน	
8. เป็นผู้แสวงหาความรู้อยู่ตลอดเวลา	

นอกจากนั้นแล้วเชา (Zhao) ผู้เขียนหนังสือเรื่อง “ผู้เรียนระดับโลก : ให้การศึกษาเชิงสร้างสรรค์และมีความสามารถทางการจัดการ” ยังได้เสนอลักษณะของผู้เรียนในเชิงคิดผลิตภาพว่าส่วน

ใหญ่เป็นคนมีความสุข มีความมั่นใจ มีความรับผิดชอบ มีความคิดสร้างสรรค์ มีแรงบันดาลใจ และรับรู้ได้ชัดเจนโดยเฉพาะครู นักเรียนในโรงเรียนนี้จะประดิษฐ์หนังสือใหม่ ขึ้นมา สร้าง Soundtrack และ Audio Slide ด้วย เขาไม่หยุดอยู่ที่หนังสือแต่เขาก้าวไปถึงฟิล์ม เอกสารสำคัญ เกมส์วีดิโอ นิทรรศการ ภาพวาด โปสเตอร์ ดนตรี นิยาม และสิ่งต่างๆ อีกมาก จนผู้ปกครองคนหนึ่งเล่าว่า “เมื่อเขาเดินเข้าไปในโรงเรียน High Tech High เขาจะรู้สึกเหมือนอยู่ในโรงงาน” (Zhao, 2012)

4.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ

การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ สามารถวัดได้หลายแนวทางแต่ละแนวทางจะมีวิธีการวัดหลายวิธีซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดก็แตกต่างกันออกไป ความสามารถในการคิดผลิตภาพของผู้เรียนตามนิยามที่ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2559) ได้ให้นิยามไว้ว่าเป็นกระบวนการทางสมองของคนที่ก่อรูปขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนจากเห็นภาพในสมองและนำภาพนั้นออกมาเป็นรูปธรรมได้

แนวทางการประเมินการคิดเชิงผลิตภาพสามารถทำได้ตามแนวทางดังที่ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) เสนอไว้ดังนี้

1. ประเมินการคิดเชิงผลิตภาพอยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การประเมินการคิดเชิงผลิตภาพอยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น ประเมินจากการทำงาน จากการทำโครงงานของผู้เรียน การประเมินใช้ประเมินตามสภาพจริง ใช้การสอนหรือให้ทำกิจกรรมและประเมินไปพร้อมๆ กัน ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพจะสามารถทำความเข้าใจกับงานที่ได้รับ คิดหาแนวทางในการทำงานจนได้งานที่เป็นผลสำเร็จออกมา ครูอาจประเมินจากงานที่กำหนดให้ทำ สังเกตการทำงานของผู้เรียน การลงมือทำงานในทันที ทำจนได้ผลงาน ส่งงานทันเวลา และผลงานมีคุณภาพ หรือประเมินจากการบ้านที่ให้ผู้เรียนทำ ผู้เรียนส่งการบ้านได้ตามกำหนดเวลา ผลงานของการบ้านที่ส่งมีคุณภาพ การประเมินในกิจกรรมปกติแบบนี้ช่วยให้ครูได้เห็นความสามารถของผู้เรียนในแต่ละคนว่ามีความสามารถอยู่ในระดับใด และควรให้การพัฒนาผู้เรียนคนใด ในระดับใด การประเมินแบบนี้ช่วยพัฒนาผู้เรียนได้ตลอดภาคเรียน

2. ประเมินการคิดเชิงผลิตภาพโดยใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบประเมินการคิดเชิงผลิตภาพ โดยเฉพาะการประเมินแบบนี้ต้องมีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพโดยเฉพาะ

2.1 หลักการและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดเชิงผลิตภาพ ทฤษฎีเกี่ยวกับ “การคิดเชิงผลิตภาพ” เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิดเชิงผลิตภาพ เมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดแล้วจะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรมซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิดเชิงผลิตภาพแล้วจะทำให้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรมซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดเชิงผลิตภาพ จากนั้นจึงเขียนข้อความตามชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดผลิตภาพนั้นๆ

2.2 การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิดเชิงผลิตภาพมีขั้นตอนการดำเนินการสำคัญดังนี้

2.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบสิ่งสำคัญของการสร้างแบบทดสอบก็คือการกำหนดจุดมุ่งหมายซึ่งผู้พัฒนาแบบทดสอบจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบทดสอบไป

ใช้ว่าต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดเชิงผลิตภาพทั่วๆ ไปหรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดผลิตภาพเฉพาะรายวิชา เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หรือวิชาการงานพื้นฐานอาชีพ

2.2.2 กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดเชิงผลิตภาพ ผู้พัฒนาแบบทดสอบควรศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดผลิตภาพตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

ตามนิยามความหมายของการคิดเชิงผลิตภาพได้ว่าเป็นกระบวนการทางสมองของคนที่ก่อรูปขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนจากการเห็นภาพนั้นในสมองและนำภาพนั้นออกมาเป็นรูปธรรมได้ รูปธรรมนี้อาจจะเป็นความคิดก็ได้ งานวิชาการก็ได้ สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ก็ได้ แต่ต้องเป็นรูปธรรมของความคิดที่ชัดเจนสื่อต่อคนอื่นได้

คุณลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพมีคุณสมบัติ 7 ประการ คือ 1. ช่างสังเกต 2. คิดต่อเนื่องได้ 3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ 4. เชื่อมโยงกับผลผลิต 5. คิดและทำด้วยพร้อมกันไป 6. มุ่งทำให้เสร็จ และ 7. พร้อมรับการทดสอบ/การประเมิน/และการตำหนิ

3. ประเมินการคิดเชิงผลิตภาพโดยการบูรณาการตัวชี้วัดการคิดเชิงผลิตภาพร่วมกับการประเมินผลในวิชาอื่น ประเมินการคิดเชิงผลิตภาพโดยการบูรณาการตัวชี้วัดของการคิดผลิตภาพร่วมกับการประเมินผลในวิชาอื่น สามารถประเมินการคิดเข้าไปในการประเมินแต่ละวิขาได้หมดโดยไม่ต้องแยกการประเมินการคิดผลิตภาพออกมาโดยเฉพาะ และเป็นการสอดคล้องกับการการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการคิดเข้ากับวิชาต่างๆ หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ ที่เรียนด้วยวิชาหรือกลุ่มสาระที่สามารถประเมินการคิดผลิตภาพได้โดยตรงเช่น กลุ่มสาระการงานพื้นฐานอาชีพ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะเรื่องการสอนโครงงาน ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงงานจะสะท้อนการประเมินการคิดผลิตภาพอยู่ด้วย

การประเมินการคิดเชิงผลิตภาพนั้น สิ่งที่มีความสำคัญอีกประการหนึ่งในการวัดและประเมินในด้านนี้ คือ การกำหนดตัวผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียน ข้อมูลจากการวัดไม่ได้มาจากตัวผู้สอนแต่เพียงแหล่งเดียว บางครั้งผู้วัดอาจต้องเก็บข้อมูลจากเพื่อนร่วมชั้นหรือเพื่อนที่ทำงานในกลุ่มหรือจากผู้ที่นำผลงานไปใช้ เช่น การวัดการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ผู้วัดอาจเป็นครูผู้สอน ซึ่งสามารถประเมินผลงานของผู้เรียน ขณะเดียวกันก็อาจเก็บข้อมูลจากตัวผู้เรียนว่ามีความเข้าใจในเรื่องที่เสนอมากน้อยเพียงใดประเมินจากเพื่อนในการทำงานกลุ่มร่วมกัน

4. แนวทางการประเมินความสามารถตามคุณสมบัติแต่ละด้าน

เกณฑ์คุณลักษณะ 7 ประการของผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ มีแนวทางในการประเมินได้ตามตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณลักษณะ 7 ประการของผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ

คุณลักษณะ	รายละเอียด	แนวทางการประเมิน
1. ช่างสังเกต	การรับรู้และการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะและรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์ โยไม่ตีความ	ผู้ผู้เรียนสังเกตสิ่งที่กำหนดให้ ให้รายงานสิ่งที่สังเกตตุได้ ประเมินความสามารถในการสังเกตตามเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)
2. คิดต่อเนื่อง	คิดในสิ่งที่สนใจศึกษาที่ต้องการผลิตโดยไม่หยุดคิดเป็นการติดต่อเนื่องเชื่อมโยงไปสู่ผลงานหรือชิ้นงานที่จะผลิต	ให้งานสังเกตสิ่งของ หรือสิ่งที่ต้องการศึกษา ให้คิดหาทางปรับปรุงสิ่งที่ศึกษาให้ดีขึ้น อาจเป็นสิ่งของ เครื่องใช้ และให้รายงานสิ่งที่คิดได้ตามลำดับความผิด ประเมินจากระดับความคิดที่ต่อเนื่อง
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต ข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว แล้วมองต่อไปได้ว่าข้อสงสัยนั้นน่าจะมีปัญหาอะไรและปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง และคิดปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นกว่าเดิม	ให้ผู้เรียนเสนอ สิ่งประดิษฐ์ชิ้นงานหรือสิ่งที่ต้องการทำ โดยสิ่งที่เสนอนั้นเป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าสิ่งเดิมที่มีอยู่ประเมินจากการวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการทำ วิเคราะห์ปัญหาเดิมที่มีอยู่และเสนอสิ่งใหม่ ที่ดีกว่าเดิมจากความชัดเจนในการวิเคราะห์งานที่ทำ
4. คิดเชื่อมโยงกับผลิต	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรมเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น และจับต้องได้เช่น ความคิดค่านิยม ความสามารถในการสรุปเรียบเรียงขึ้นใหม่ก็ได้	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำ ให้ผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์ของงานและรายงานการคิดที่ทำให้ได้ผลงาน ชิ้นงานหรือสิ่งที่ต้องการทำ ประเมินจากความสามารถในการคิด ในการทำสิ่งที่ต้องการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้สามารถเชื่อมโยงจากแนวคิดไปสู่ผลงานที่ต้องการทำที่เป็นรูปธรรมได้
5. คิดแล้วทำ	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล ทำให้ได้ผลผลิตจากการกระทำ ซึ่งผลอาจจะเป็นแนวคิด วิธีการชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือผลออกมาเป็นสิ่ง หรือนวัตกรรม	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำ ประเมินจากจากลงมือทำทันที ตั้งใจทำงาน

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

คุณลักษณะ	รายละเอียด	แนวทางการประเมิน
6. คิดให้ตลอด	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน มองเห็นภาพตั้งแต่ต้นจนจบ และคาดหวังในผลงานที่จะเกิดขึ้นแล้วลงมือทำ ทำจนสำเร็จได้ผลงานหรือชิ้นงานออกมา	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำให้ผู้เรียนเสนอผลงานที่ทำได้และรายงานกระบวนการคิดจนได้ผลงานออกมา ประเมินจากผลงานหรือชิ้นงานที่ทำได้ ดูคุณภาพประสิทธิภาพของงาน และประเมินการคิดในทุกขั้นตอน ตั้งแต่คิดวางแผนการทำงานขั้นตอนย่อย กระบวนการทำงานจนสำเร็จโดยดูลำดับความคิดที่ต่อเนื่อง ถูกต้อง เหมาะสมในขั้นตอนย่อยต่างๆ
7. พร้อมรับการทดสอบ	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง ยอมรับในผลการประเมิน และพร้อมปรับปรุงงาน	ประเมินผลงานผู้เรียนพิจารณาในคุณภาพของผลงานประสิทธิภาพ ความเหมาะสมความสวยงาม การใช้งาน พิจารณาการปรับปรุงงานจากงานเดิมให้ดีขึ้นกว่าเดิม

5. การประเมินด้านการเป็นคนช่างสังเกต

ความสามารถในการสังเกต หมายถึง การรับรู้และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะ และรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์โดยไม่ตีความ การประเมินด้านการเป็นคนช่างสังเกตสามารถประเมินได้ตามเกณฑ์ได้ดังตารางที่ 2.7 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินด้านการเป็นคนช่างสังเกต

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric)

ขั้นตอนการสังเกต	ตัวบ่งชี้บ่งชี้ทักษะการสังเกต	เกณฑ์การประเมินทักษะการสังเกต
1. รับรู้สิ่งที่สังเกต	1. มีความตั้งใจ สมาธิ และความเข้าใจในการสังเกต	1. ความตั้งใจ สมาธิ และความไวในการรับรู้ (มีมาก-น้อย)
2. ใช้ประสาทสัมผัสหลายทาง (หู ตา จมูก ลิ้น กาย) ในการรับรู้และสำรวจสิ่งที่สังเกต	2. สามารถใช้ประสาทสัมผัสหลายทางในการรับรู้และสำรวจสิ่งที่สังเกต	2. การใช้ประสาทสัมผัสในการรับรู้ (ใช้หลายทาง-ทางเดียว) - ความละเอียดในการสังเกต (มีมาก-น้อย)
3. รวบรวมข้อมูลการสังเกตทั้งด้าน คุณลักษณะและปริมาณ	3. สามารถรวบรวมข้อมูลการสังเกตได้ ทั้งด้านคุณลักษณะและปริมาณ	3. ลักษณะของข้อมูลการที่สังเกตได้ (มี ครบ-ไม่ครบทั้งด้านคุณลักษณะ & ปริมาณ) - ความละเอียดของข้อมูล
4. รายงานข้อมูลการสังเกตตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์	4. สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์	4. การรายงานข้อมูลที่สังเกต (รายงานตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์-ไม่ตรง)
5. รายงานข้อมูลการสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล	5. สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล	5. การรายงานข้อมูลที่สังเกต (รายงานข้อมูลเชิงประจักษ์โดยไม่มีการตีความมีการตีความข้อมูล)

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นอกจากจะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจความรู้ทางเคมีและเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีแล้วยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ความคิดเชิงผลิตภาพได้ด้วยตามขั้นตอนการสอนของการใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 วิจัยภายในประเทศ

เชาวรินทร์ สีใหม่ และวัชราภรณ์ แก้วดี (2552) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนเชิงผลิตภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทาง

ธรณีวิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 70 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองใน 3 หน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 2.73 2.81 และ 2.91 คะแนนตามลำดับ ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้อยู่ในระดับดี

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลวและแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้

อารยา ควัฒน์กุล (2557) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเรื่องสารชีวโมเลกุลด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฐญาภรณ์ ทองคำพิพัฒน์กุล (2558) ได้ศึกษาการส่งเสริมแนวคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ธณัฏฐา คงทน และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียนใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมิน และขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อ

การเรียนรู้ที่หลากหลายทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) รองลงมาร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยหัวข้อที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุดคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ ไอโซเมอร์

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.39 เป็นร้อยละ 52.11 มีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์บางส่วนหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 15.28 เป็นร้อยละ 24.00 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 10.89 เป็นร้อยละ 10.39 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนหลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 42.89 เป็นร้อยละ 10.89 และไม่มีมโนมติหลังการจัดการเรียนรู้จากร้อยละ 26.67 เป็นร้อยละ 2.44

5.2 วิจัยต่างประเทศ

โฮลิ่งสวอรัธ (Claeke Hollingswort, 2002) ได้นำเสนอความรู้ในด้านแบบจำลองได้ 3 ประเภทได้แก่ ประเภทแรก ความเข้าใจทั่วไปในตัวแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง ประเภทที่ 2 ความเข้าใจเรื่องความจำเป็นของการใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์ และประเภทที่ 3 วิธีการใช้แบบจำลองในการสอน กลุ่มตัวอย่างการวิจัยคือครูวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรการสอนของมหาวิทยาลัยเลียเดน ประเทศเนเธอร์แลนด์ เครื่องมือการวิจัยประกอบด้วยการสัมภาษณ์เดี่ยวแบบสอบถาม การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การฝึกปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองการเชื่อมโยงระหว่างกัน (IMTPS) สามารถพัฒนาความรู้ให้กับครูวิทยาศาสตร์ พัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้นำแบบจำลองไปใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้ และสามารถเป็นกรอบในการออกแบบแผนการพัฒนาศักยภาพครูและสามารถนำแบบจำลองการเชื่อมโยงระหว่างกัน (IMTPS) ไปใช้ในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจว่า ครูสามารถพัฒนาความรู้ด้านแบบจำลองวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

จัสติ และดีเวล (Justi and Dviel, 2006) อาจารย์แผนกเคมีของมหาวิทยาลัยมินัสเจอเรีย ประเทศบราซิล และอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเลียเดน ประเทศเนเธอร์แลนด์ตามลำดับ ได้ร่วมกันศึกษาวิจัยนักศึกษาครูในมหาวิทยาลัยของตนเองโดยใช้แบบจำลองรูปแบบเพื่อพัฒนาครูในการสอนแบบจำลองสามารถเชื่อมโยงระหว่างกัน โดยมีแนวคิดพื้นฐานว่าแบบจำลองช่วยให้สามารถมองเห็นกระบวนการที่เข้าใจยากหรือสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ เช่น การเรียนเรื่อง DNA จึงมุ่งพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ภาพวาด สถานการณ์สมมติ และแบบจำลองจากของจริง จึงพัฒนาความรู้ให้กับครูวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ครั้งนี้คือ แบบจำลองการเชื่อมโยงระหว่างกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงผลิตภาพ

โดยศึกษาจากกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีความสอดคล้องกัน คือการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้นมีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ และมีการพัฒนาการคิดใสรูปแบบต่าง ๆ เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้นซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ การดำเนินการวิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 95 คน จัดอยู่ใน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนธนาคารออมสิน 55 คน โรงเรียนวัดกุยบุรี 40 คนจำนวน 4 ห้องเรียน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธนาคารออมสิน ซึ่งเป็นโรงเรียนหนึ่งในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขยายโอกาสจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนแบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 18 คาบๆ ละ 50 นาที

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่สอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามโครงสร้างและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามมาตรฐานสาระวิชา โดยเป็นแบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3. แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพ ปรับปรุงและดัดแปลงจากเกณฑ์ประเมินคุณภาพความสามารถในการสังเกตและคุณลักษณะของผู้มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินจากกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ซึ่งแบบประเมินแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามรายละเอียดในภาคผนวก ข

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนธนาคารออมสิน รวมเวลาเรียน ทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1.1 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรของสถานศึกษาโรงเรียนธนาคารออมสิน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระที่ 3 สารและการเปลี่ยนแปลง และเอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 วิเคราะห์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระที่ 3 สารและการเปลี่ยนแปลง

2.1.3 ศึกษาหลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและกำหนดกรอบความคิดในการออกแบบแผนการสอน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นที่	ชื่อขั้น	ความหมาย	ทางเลือกของครูในการออกแบบกิจกรรม	ตัวบ่งชี้ความสำเร็จของนักเรียน
1	การสร้างแบบจำลอง	แบบจำลองคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎต่าง ๆ	ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ	นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดและนำมาเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่างกันกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
2	การประเมินแบบจำลอง	ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์	ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ครูฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์	นักเรียนศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนเอง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นที่	ชื่อขั้น	ความหมาย	ทางเลือกของครูในการออกแบบกิจกรรม	ตัวบ่งชี้ความสำเร็จของนักเรียน
3	การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	การแก้ไขดัดแปลงแบบจำลองเพิ่มเติมแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	ครูให้ผู้เรียนได้นำข้อมูลต่าง ๆ มาแก้ไขดัดแปลงแบบจำลองของตนเองเพื่อให้สอดคล้องและถูกต้องสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้	นักเรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้แล้วปรับปรุงแบบจำลองนั้นใหม่
4	ขั้นขยายแบบจำลอง	การนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นและดัดแปลงแล้วไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้	ครูให้ผู้เรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2.1.4 กำหนดตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้

2.1.5 วิเคราะห์การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้

2.1.6 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 18 ชั่วโมง (ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน) ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สมบัติของสารและการจัดจำแนกสาร

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แบบจำลองอะตอม

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 อนุภาคมูลฐานของอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมกับการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ

5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ตารางธาตุ

2.1.7 ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดทำเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณา แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คนดังรายชื่อในภาคผนวกดำเนินการตรวจสอบ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ประเมินระดับความคิดเห็นโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

2.1.8 นำผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและเทียบกับเกณฑ์คุณภาพและความเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ข้อที่มีความบกพร่องของการประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 – 5.00	ความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	ความเหมาะสมมาก
2.51 – 3.50	ความเหมาะสมปานกลาง
1.51 – 2.50	ความเหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50	ความเหมาะสมน้อยที่สุด

2.1.9 นำคะแนนจากผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านไปหาค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นตามแบบวัดที่เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ไปเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งผลการประเมินเป็น 4.00 – 4.70 อยู่ในระดับคุณภาพที่มีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

2.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงตามคำแนะนำให้เสร็จสมบูรณ์แล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองต่อไป

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หรือหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กับจุดประสงค์การเรียนรู้ในเรื่องที่ต้องการสร้างแบบทดสอบกำหนดเป็นตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ต้องการจริงจำนวน 30 ข้อ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านดังรายชื่อในภาคผนวก เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) ผู้เชี่ยวชาญที่สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดหาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
ให้คะแนน 0 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดหาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6) นำคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญที่สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาลงความเห็นมาหาค่า IOC ของข้อสอบรายข้อ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ทำการทดสอบหาความเชื่อมั่น โดยนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสอดคล้องกับระดับพฤติกรรมโดยใช้ค่า IOC: Index of Item Objective Congruence) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557) ผลปรากฏว่าได้ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปหาความเที่ยงกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอมมาแล้ว

8) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง นำผลการทดลองมาหาคุณภาพของข้อสอบ หาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง .20 ถึง .80 หาความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับอีกครั้ง โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม จำนวน 36 ข้อไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธนาคารออมสิน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์เขต 1 จำนวน 20 คน เพื่อหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

ค่าความยากของข้อสอบ (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก การแปลความหมายของค่าความยากอาจแบ่งช่วงได้ตามตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ต้องมีค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 ถึง 0.80

ค่าอำนาจจำแนก (r)คือ ประสิทธิภาพในการจำแนกผู้ตอบเป็นกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ “ r ” มีค่าตั้งแต่ (0 - 1.00) r ที่เหมาะสม r > 0.20 ค่าอำนาจ

จำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 – 1.00 การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก สามารถแปลความได้ดังตารางที่ 3.3 ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

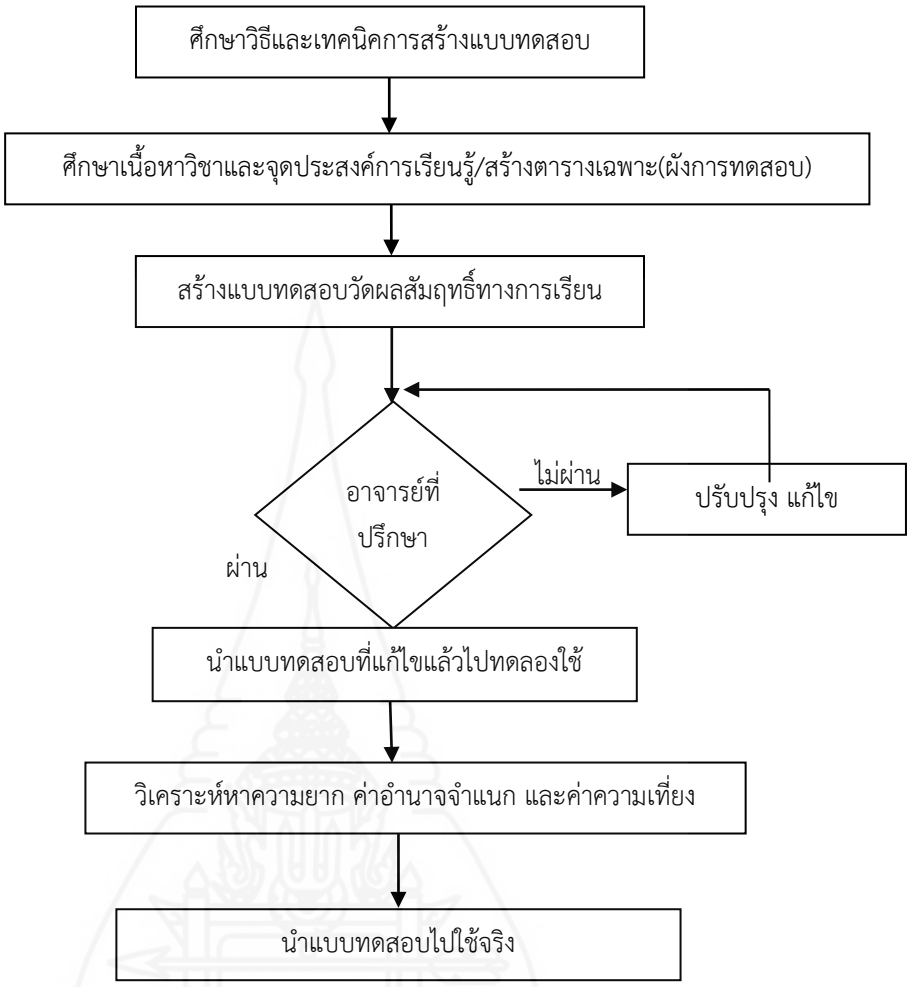
เกณฑ์การพิจารณา ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับ คือ 0.20 ขึ้นไปส่วนตัวลวงจะต้องมีค่าความยากพอสมควรคือ ประมาณ 5 % ค่าอำนาจจำแนกต้องไม่เป็นศูนย์หรือมีค่าติดลบ

9) ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.45 – 0.85 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.70 ได้แบบทดสอบ 30 ข้อ

10) หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของ ครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88

11) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้จริง

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ตามภาพที่ 3.1 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม

2.2.2 แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดผลิตภาพ

2) เลือกใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพความสามารถในการสังเกตและคุณลักษณะของผู้มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) นำมาปรับปรุงและดัดแปลง

3) สร้างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ โดยครอบคลุมทักษะและคุณลักษะของการคิดเชิงผลิตภาพ ซึ่งปรับปรุงจากแบบวัดทักษะการคิดผลิตภาพของทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559)

4) นำแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านดังรายชื่อในภาคผนวก เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิตภาพกับทักษะและคุณลักษณะของบุคคลที่มีการคิดเชิงผลิตภาพ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินสอดคล้องคุณลักษณะของบุคคลที่มีการคิดเชิงผลิตภาพ

ให้คะแนน 0 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินสอดคล้องคุณลักษณะของบุคคลที่มีการคิดเชิงผลิตภาพ

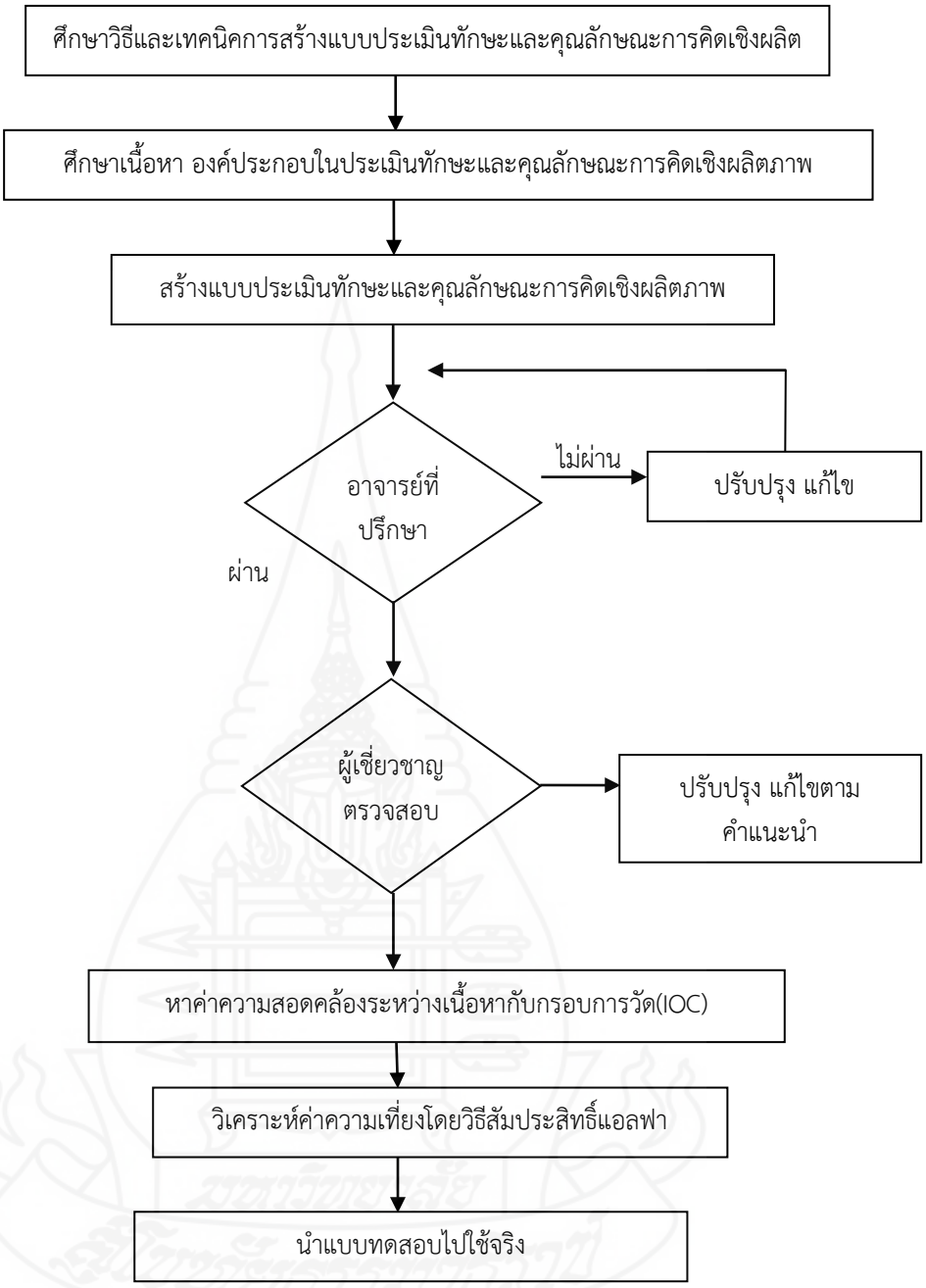
ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินสอดคล้องคุณลักษณะของบุคคลที่มีการคิดเชิงผลิตภาพ

6) นำคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นมาหาค่า IOC ของแบบประเมินรายข้อและนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างระดับพฤติกรรมที่สอดคล้องคุณลักษณะและทักษะการคิดเชิงผลิตภาพ โดยใช้ค่า IOC: Index of Item Objective Congruence) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557) ผลปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

7) หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของ ครอนบาค(Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.82

8) นำแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิตภาพไปใช้ในการประเมินและเก็บข้อมูล

สรุปขั้นตอนการการสร้างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิตตามภาพที่ 3.2 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิต

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โดยดำเนินการดังนี้

3.1 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 5 แผนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและประเมินทักษะและคุณลักษะการคิดผลิตภาพเมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละแผน ผู้วิจัยบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการสอนในครั้งต่อไป

3.2 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานด้วยแบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยวัดผลสัมฤทธิ์จากกลุ่มตัวอย่างหลังจบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3.3 ประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะการคิดเชิงผลิตภาพที่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือทักษะ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่องได้ มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกันไป มุ่งทำให้เสร็จ คิดให้ตลอด และพร้อมรับการทดสอบ/การประเมิน/และการตำหนิ โดยแบบประเมินมีเกณฑ์การให้คะแนน 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ แล้วนำคะแนนที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{X}$) โดยคำนวณจากสูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

4.1.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

4.2.1 หาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) และแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคุณลักษะของการคิดผลิตภาพกับพฤติกรรมที่วัด (IOC) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้/คุณลักษะของการคิดผลิตภาพกับพฤติกรรม
R แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

4.2.2 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม โดยใช้วิธีการของวิทนีย์และซาเบอร์ส สามารถหาได้จากสูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

การหาค่าความยากง่าย (P) $\mathbf{P} = \frac{\boldsymbol{H+L}}{\boldsymbol{N_H+N_L}}$

เมื่อ p คือ ค่าความยาก
H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าความยากของข้อสอบ (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก การแปลความหมายของค่าความยากอาจแบ่งช่วงได้ดังนี้

ตารางที่ 3.4 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ต้องมีค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 ถึง 0.80

การหาค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{\sum H - \sum L}{N(Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

$\sum H$ คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

$\sum L$ คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

$Score_{max}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

ค่าอำนาจจำแนก (r)คือ ประสิทธิภาพในการจำแนกผู้ตอบเป็นกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ “ r ” มีค่าตั้งแต่ (0 - 1.00) r ที่เหมาะสม r > 0.20 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 – 1.00 การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก สามารถแปลความได้ ดังนี้

ตารางที่ 3.5 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

เกณฑ์การพิจารณา ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับ คือ 0.20 ขึ้นไปส่วนตัวลวงจะต้องมีค่าความยากพอสมควรคือ ประมาณ 5 % ค่าอำนาจจำแนกต้องไม่เป็นศูนย์หรือมีค่าติดลบ

4.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) คำนวณได้จากสูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล , 2557)

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
K แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ
S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

โดยที่ $S^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้ถูกประเมิน
X คือ คะแนนรวมของผู้ถูกประเมิน

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.3.1 ใช้สถิติ t – test แบบ One sample ตรวจสอบสมมติฐานข้อที่ 1 คำนวณจากสูตร (สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล, 2557)

t- test สูตร $t = \frac{\bar{x}-\mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$ โดยมี df = n -1

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
μ_0 แทน เกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 30 คิดเป็น 21
S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

4.3.2 ใช้สถิติ t – test แบบ One sample ตรวจสอบสมมติฐานข้อที่ 2

คำนวณจากสูตร (สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล, 2557)

t- test สูตร $t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$ โดยมี df = n -1

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน เกณฑ์ร้อยละ70 ของคะแนนเต็ม 44 คิดเป็น 30.8

S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพของประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 95 คน จัดอยู่ใน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนธนาคารออมสิน 55 คน โรงเรียนวัดกุยบุรี 40 คนจำนวน 4 ห้องเรียน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธนาคารออมสิน ซึ่งเป็นโรงเรียนหนึ่งในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขยายโอกาสจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติ t–test one sample เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนตามเกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{X}$	S.D	t	df	p
หลังเรียน	20	30	21	24.55	1.79	8.86*	19	.000

*p < .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 20 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 24.55 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.83 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.79 การทดสอบค่าที (t–test for One -Sample) เปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่าค่าที มีค่าเท่ากับ 8.86 และระดับนัยสำคัญเท่ากับ .000 มีค่าน้อยกว่า .05

สรุปได้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้รับ .05

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลการประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ t–test one sample เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 กับคะแนนประเมินหลังเรียนของนักเรียน

การประเมิน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนตามเกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{x}$	S.D	t	df	p
หลังเรียน	20	44	30.8	35.30	2.49	8.069*	19	.000

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลการประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 20 คน มีคะแนนที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 35.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 44 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.22 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49 การทดสอบค่าที (t–test for One-Sample) เปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่าค่าที มีค่าเท่ากับ 8.069 และระดับนัยสำคัญเท่ากับ .000 มีค่าน้อยกว่า .05

สรุปได้ว่า นักเรียนมีทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้รับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 95 คน จัดอยู่ใน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนธนาคารออมสิน 55 คน โรงเรียนวัดกุยบุรี 40 คนจำนวน 4 ห้องเรียน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธนาคารออมสิน ซึ่งเป็นโรงเรียนหนึ่งในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขยายโอกาสจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

1.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 18 ชั่วโมง ดังนี้

(1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สมบัติของสารและการจัดจำแนกสาร

(2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แบบจำลองอะตอม

(3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 อนุภาคมูลฐานของอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์

(4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมกับการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ

(5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ตารางธาตุ

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามแนวคิดของบลูม ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกมีทั้งหมด 30 ข้อ

(2) แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ

1.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม จำนวน 5 แผน 18 ชั่วโมง ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัย

2) สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม จำนวน 30 ข้อ

3) ประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพโดยใช้แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ

1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) โดยการทดสอบค่าที (t–test for One-Samples)

2) การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) โดยการทดสอบค่าที (t–test for One-Samples)

1.3 ผลการวิจัย

1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เมื่อทำการทดสอบสมมติฐานแล้วพบว่า สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 11.83 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2 ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเมื่อทำการทดสอบสมมติฐานแล้วพบว่า สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 10.22 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้าง

อะตอม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเฉพาะเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม ซึ่งเป็นเรื่องของนามธรรมที่จะต้องใช้จินตนาการและความเข้าใจในการเรียนรู้ให้ออกมาเป็นรูปธรรม ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะจากการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ซึ่งในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูต้องปรับพฤติกรรมการสอนแบบเดิมที่เน้นการบอก โดยแสดงบทบาทของครูที่ทำหน้าที่เป็น ผู้ที่คอยให้การแนะนำ คอยให้กำลังใจ เสริมแรง อย่างมีจิตวิทยา และคอยส่งเสริมนักเรียนให้รู้บทบาทหน้าที่ของนักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่ดี ในด้านความขยัน อดทน ใฝ่เรียนรู้ รักการเรียน และมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย พัฒนาผู้เรียนโดยใช้ระบบเพื่อนช่วยเพื่อน คนเก่งสอนคนอ่อน

แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์มักใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมาย (target) เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจมาถ่ายทอดแนวคิดเหล่านี้ให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายขึ้น (Grossling el al, 1991; Justi and Gilbert, 2006) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการบนพื้นฐานระหว่างแนวคิดพุทธิปัญญา (Cognitive psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science education) โดยมีแนวคิดหลักว่า ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาหลังจากนักเรียนได้มีการแก้ปัญหา การลงข้อสรุปหรือการให้เหตุผล และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบูรณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่และได้ขยายความรู้ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ได้อธิบายไว้ว่า เคมีเป็นการศึกษาและการอธิบายลักษณะของสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารในเชิงคุณภาพ ในขณะที่ฟิสิกส์เป็นการอธิบายลักษณะทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ ในเชิงปริมาณหรือตัวเลขทางคณิตศาสตร์ สำหรับชีววิทยาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกหรือจัดประเภทของสิ่งมีชีวิต เคมีมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาที่เน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร

ดังนั้นในการอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารจึงมีลักษณะที่แตกต่างกับสาขาอื่น สอดคล้องกับ Rea – Romirez , Clement และ Nunez-Oviedo. (2008) เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลอง (Generating model) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) และการขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการ

เรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ และยังสอดคล้องกับแนวคิดของชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานคือกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายข้อค้นพบ ทำนายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์หรือการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับประสบการณ์ที่เกิดขึ้นตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่าคือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการทฤษฎีหรือกฎ หรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองคือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงการนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและช่วยทำให้มองเห็นภาพ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาและแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาจะมีทั้งความคิดที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ครูจะใช้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมานี้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปรายและปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างแนวคิดขึ้นมาใหม่อย่างช้าๆ โดยการใช้ยุทธวิธีต่างๆ มาช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลอง เช่น กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ (Hands–on activities) การอุปมาอุปมัย (Analogies) สร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกันหรือการกระตุ้นด้านภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์ จนทำให้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้นและเป็นความรู้ที่คงทนติดตัวนักเรียนไป

ผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐญาภรณ์ ทองคำพิพัฒน์กุล (2558) ได้ศึกษาการส่งเสริมแนวคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธณัฏฐา คงทน และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการ

อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียนใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมิน และขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) รองลงมาร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยหัวข้อที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุดคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ ไอโซเมอร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารยา ควัฒน์กุล (2557) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของลัทธวรรณ ศรีวิคำ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.39 เป็นร้อยละ 52.11 มีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์บางส่วนหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 15.28 เป็นร้อยละ 24.00 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 10.89 เป็นร้อยละ 10.39 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนหลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 42.89 เป็นร้อยละ 10.89 และไม่มีมโนมติหลังการจัดการเรียนรู้จากร้อยละ 26.67 เป็นร้อยละ 2.44

2.2 ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ การสอนให้คิดผลิตภาพเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดที่มีใช้ประโยชน์ได้โดยตรง คือ แปรความคิดเป็นผลิตภัณฑ์ แปรความคิดเป็นกิจกรรม และแปรความคิดเป็นแนวปฏิบัติที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดได้อย่างคุ้มค่า และเกิดคุณค่าที่สำคัญยิ่งในทางเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะสังคมไทยเป็นสังคมบริโภคนิยมสูง การสอนให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงผลิตภาพจะเป็นพลังให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและสังคมไทยอย่างพลิกผันต่อไปในอนาคตได้

สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงผลิตภาพซึ่งไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2559) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้เชิงผลิตภาพเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งสร้างให้ผู้เรียนมีผลผลิตของตนเอง ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตในเชิงความคิด งานวิชาการ สิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ และสอดคล้องกับสมพร โกมารทัต (2557) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้เชิงผลิตภาพเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ผลลัพธ์ของการเรียนรู้คือผู้เรียน

สามารถสร้างผลผลิต ผลงานที่เกิดจากความรู้ ประสบการณ์ กิจกรรมต่าง ๆตลอดจนความร่วมมือกันของผู้สอนกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้เรียน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพและมีลักษณะของผู้ที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพมากขึ้น ประเมินการจากเรียนรู้ในห้องเรียนและการลงมือปฏิบัติการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายนิยามหรือทฤษฎีตามแนวความคิดของตนเอง ทำให้ผู้เรียนเป็นคนช่างสังเกต มีการคิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต คิดแล้วทำ คิดให้ตลอดและพร้อมรับการทดสอบ ทั้งนี้เพราะขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละขั้นตอนส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต คิดแล้วทำ คิดให้ตลอดและพร้อมรับการทดสอบ ซึ่งขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามขั้นตอนของชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) และทักษะการคิดเชิงผลิตภาพตามคุณลักษณะของบุคคลของไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2559) มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ สามารถทำให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่มีจิตหรือคิดผลิตภาพ มีการช่างสังเกตสิ่งรอบตัวและนำมาสร้างเป็นแบบจำลององค์ความรู้ของตนเองได้

2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) สำหรับการประเมินแบบจำลองครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และทำการศึกษาค้นคว้าค้นหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนใน ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนได้สำรวจตรวจสอบแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใดและแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวาง ครูพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ร่วมสร้าง (co - construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด มีการเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลองหรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลองรวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และมีการเปลี่ยนแปลง การวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น สามารถทำให้ผู้เรียนมีความคิดต่อเนื่องเชื่อมโยง และนำไปสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ได้

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้ว และอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ มีการปรับปรุงแบบจำลอง ผู้เรียนเกิดการเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มและของชั้นเรียน ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและมีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้ผู้เรียนได้การมองเห็นแนวทางแนวปฏิบัติ และแนวทางปรับปรุง เชื่องโยงกับผลผลิต มองเห็นได้ชัดว่าถ้าลงมือทำอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วจะได้อะไรขึ้นมา

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆและสถานการณ์อื่น ซึ่งทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้ สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะคิดแล้วทำ ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล คิดให้ตลอด มุ่งทำงานให้แล้วเสร็จ และพร้อมรับการทดสอบ ประเมินหรือแม้ตำหนิผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและทักษะการคิดต่างๆ ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นการคิดเชิงผลิตภาพได้ ซึ่งการเรียนรู้เชิงผลิตภาพมุ่งเน้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น สร้างผลงาน สร้างผลผลิต สร้างองค์ความรู้จากการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของเชาวรินทร์ สีใหม่ และวัชราภรณ์ แก้วดี (2552) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนเชิงผลิตภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 70 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองใน 3 หน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 2.73 2.81 และ 2.91 คะแนนตามลำดับ ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้อยู่ในระดับดี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูผู้สอนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ นำเสนอ และปรับปรุงผลงานของตนเอง ซึ่งสามารถทำให้เกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมได้ ส่งผลต่อการเรียนรู้และการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนอย่างแท้จริง

3.1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเรื่องอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระวิชาที่สอนในช่วงเวลาปกติ แต่เนื่องด้วยรูปแบบขั้นตอนการสอนในแต่ละเรื่องต้องใช้ระยะเวลามาก โดยเฉพาะการสืบค้นข้อมูล การเตรียมผลงานเพื่อนำเสนอ จึงต้องใช้เวลาว่างของนักเรียนร่วมด้วยซึ่งจะส่งเสริมการใช้เวลาว่างของนักเรียนให้เป็นประโยชน์มากขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งผลต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดวิจารณญาณ เป็นต้น

3.2.2 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเรื่องอื่น ๆ ที่ น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับนักเรียนในชีวิตจริง

3.2.3 ควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ เช่น การเรียนรู้เชิงผลิตภาพ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2546). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาสาสตร์.* กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542*. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.

_____. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศึกราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล. (2557). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอนหน่วยที่ 9*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กำจร ตติยกวี. (2559). *ไทยแลนด์ 4.0*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน.

ไกรยส ภัทราวาท. (2559*). ไทยแลนด์ 4.0*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29*(3).

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2557). แบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3).

_____. (2560). สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสื่อ นวัตกรรมและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* หน่วยที่ 3. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เชาวรินทร์ สีใหม่ และวัชราภรณ์ แก้วดี. (2552). *ผลของการใช้รูปแบบการสอนเชิงผลิตภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ณัฐญาภรณ์ ทองคำพิพัฒน์กุล. (2558). *การส่งเสริมแนวคิด เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.

ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). *การประเมินการคิดผลิตภาพ.ในคิดผลิตภาพ: สอนและสร้างได้อย่างไร.* วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธณัฏฐา คงทน และคณะ. (2558). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2557). การวิเคราะห์ข้อมูล เชิงปริมาณ : สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* หน่วยที่ 10. (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2559). *ความหมายและขอบเขตของการคิดผลิตภาพในคิดผลิตภาพ: สอนและสร้างได้อย่างไร.* วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์. (2557). *การพัฒนาวิถีมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลวและแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ประวิทย์ ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2549). *การศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ.* กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2559). *ลักษณะของคนที่มีความคิดผลิตภาพในคิดผลิตภาพ : สอนและสร้างได้อย่างไร.* วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ. (2556). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ และคณะ. (2558). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2546). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2554). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2559). *ผลการประเมินโครงการ PISA 2015.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมจิต สวธนไพบูรณ์. (2535). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมบูรณ์ ชิตพงษ์ และคนอื่นๆ. (2540). *เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมพร โกมารทัต. (2557). การเรียนรู้เชิงผลิตภาพ. *วารสารศึกษาศาสตร์,* 25(3).

สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล. (2557). สถิตินันพาราเมตริก. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* หน่วยที่ 10. (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อารยา ควัฒน์กุล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเรื่องสารชีวโมเลกุลด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) มหาวิทยาลัยบูรพา.

Buckley, B. C., Gobert, J.D. and Other. (2004). Model-based teaching and learning with biology: What do they learn? How learn? How do we know?. *Journal of science Education and technology*, 13(1), 23-41.

Clarke, D. J., and Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967.

Collins, A., and Gentner, D. (1987). *"How People Construct Mental Models".* In D. Holland and N. Quinn (eds.), Cultural Models in language and thought. New York: Cambridge University press.

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education.* Netherland: Springer.

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

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

Grossling, L, C. Unge. and E. J. (1991). Understanding Models and their Use. in p. 14 science. Conception of middle and high school and expert. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-882.

Johnson-Laird, P.N. (1980). Mental Model in Cognitive Science. Cognitive Science, 4, 71-115.

Justi, R. and Dviel. (2006). *Metraphor and Analogy in Science Education.* Netherlands. Springer.

Justi, R. and Gilbert, J. (2006). *Metraphor and Analogy in Science Education.* Netherlands. Springer.

Nersession, N. J. (1990). Methods of Conceptual Change in Science: Imagistic and Analogical Reasoning. *Philosophica*, 45, 33-52.

Rea-Romirez. M. A., J. Clement. and M. C. Nunez-Oviedo. (2008). *An Instructional Model Derived form model Construction and Criticism Theory. in J J Clerment and M.A. Rea-Ramirez. (eds)*. Model Based Learning and Instruction in Science. USA. : Springer.

Zhao, Y. (2012). *World Class Learners: Education Creative and Enterpreneurial Student*. Califonia: A Sage.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ นายศักดิ์สกุล คลังชะนัง
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคประจวบคีรีขันธ์ ตำบลประจวบคีรีขันธ์
   อำเภอเมืองประจวบ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต เอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
   มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครู (คศ.1)

2. ชื่อ นางวชิราภรณ์ ปัถวี
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา ตำบลไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม
   วุฒิการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3)

3. ชื่อ นางจิตติมา ไทรแก้วดวง
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา ตำบลไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยรามคำแหง
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครูชำนาญการ (คศ. 2)

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
- แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
วิชาเคมีพื้นฐาน รหัสวิชา ว30102
เรื่อง แบบจำลองอะตอม หน่วยที่ 1 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม
เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง เวลาเรียน 3 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3. 1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม.4-6/1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ

ว 8.1 ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4-6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบได้
2. บอกลักษณะแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบได้
3. สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายผลการศึกษาได้
4. สามารถสร้างสรรค์ผลงานจากแบบจำลองทางความคิดได้

4. สาระสำคัญ

อะตอม มีแบบจำลองได้หลายแบบ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงมาตลอดจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก โดยภายในอะตอมจะมีอนุภาคมูลฐาน คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน สัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็นความสัมพันธ์ของเลขมวลกับเลขอะตอม

5. สาระการเรียนรู้

แบบจำลองอะตอม (Atomic model) เป็นภาพทางความคิดที่แสดงให้เห็น รายละเอียดของโครงสร้างอะตอมที่สอดคล้อง กับผลการทดลองและใช้อธิบายปรากฏการณ์ ของอะตอมได้ ซึ่งหลังจากสมัยของดาลตัน ผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในรุ่นต่อมาได้ค้นพบว่าอะตอมมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน มีธรรมชาติที่เป็นไฟฟ้าเกี่ยวข้องอยู่ด้วย และสามารถแบ่งแยกให้เล็กลงได้อีกในบางอะตอม ดังนั้นจึงมีแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมาอีกหลายแบบ ได้แก่

- แบบจำลองอะตอมของดอลตัน
- แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด
- แบบจำลองอะตอมของโบร์
- แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

6. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดเชิงผลิตภาพ

กิจกรรมการเรียนรู้
ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Generating) 1 ดูคลิปวีดิโอเรื่องวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม 2 ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุที่ต้องมีการศึกษาแบบจำลองอะตอม 3 ทบทวน เชื่อมโยง ตรวจสอบความรู้เดิม หลังจากนั้นให้นักเรียนเขียนสิ่งที่รู้และสิ่งที่อยากรู้เกี่ยวกับอะตอม นักเรียนเสนอแนวความคิดหรือแบบจำลองอะตอมในแนวความคิดของตัวเอง ในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ **ขั้นที่ 2 ขั้นการประเมินแบบจำลอง (Evaluation model)** แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน แต่ละกลุ่มมีนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาแบบจำลองอะตอมขอนักวิทยาศาสตร์ โดยจะมีเนื้อทั้งหมด 5ส่วน คือ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก นักเรียนศึกษาแบบจำลองอะตอมโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบจิ๊กซอ แล้วครูนำเสนอแบบจำลองสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมในรูปแบบของแผนผังความคิดแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจแบบจำลองอะตอมในแต่ละแบบอย่างถูกต้องและเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในอะตอม เพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม ครูใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้ตอบคำถามเช่น 1) นักเรียนเรียงลำดับของแบบจำลองอะตอมจากเริ่มแรกไปสู่แบบจำลองปัจจุบันอย่างไร 2) แบบจำลองแต่ละแบบมีความแตกต่างกันหรือไม่ลักษณะใด

กิจกรรมการเรียนรู้
ขั้นที่ 3 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนจะมีการพิจารณาแบบจำลองของตนเองว่าสอดคล้องกับหลักการของแบบจำลองอะตอมตามแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอย่างไรบ้างเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปแบบของโครงสร้างอะตอมที่นักเรียนเขียนขึ้นในขั้นที่ 1 ว่าสอดคล้องกับรูปแบบจำลองอะตอมที่เสนอหรือไม่อย่างไร ซึ่งในขั้นตอนการประเมินนี้นักเรียนจะมีการเชื่อมโยงโดยการอุปมาอุปมัยไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น จากนั้นครูอาจจะให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองเชิงอุปมาอุปมัยว่ามีข้อจำกัดอย่างไรบ้าง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองอะตอมซึ่งสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น จากนั้นอาจอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม **ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborating model)** เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมแล้วว่ามีหลักการอย่างไรบ้าง จากนั้นนักเรียนจะต้องนำแนวความคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ให้ได้ เช่น สร้างแบบจำลองอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เพื่อเป็นการขยายแบบจำลองซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ความเข้าใจในแนวคิดดังกล่าวนั้นว่าสามารถอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ได้ เช่น ครูอาจจะให้นักเรียนเล่นเกมส์ เกี่ยวกับรูปแบบของแบบจำลองอื่นๆ เพื่ออธิบายสิ่งที่มองไม่เห็น พร้อมทั้งให้นักเรียนนำหลักการจัดจำแนกสารมาอธิบายแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ ในขั้นนี้อาจจะให้นักเรียนนำความรู้เหล่านี้เชื่อมโยงไปสู่การเขียนสัญลักษณ์แสดงการจัดจัดจำแนกสารด้วยและนักเรียนออกแบบการจัดจำแนกสารเพื่ออธิบายความเข้าใจของนักเรียนออกมาเป็นแผนภาพหรือแผนภูมิ

7. สื่อ-อุปกรณ์ / แหล่งเรียนรู้

1. แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพ เรื่อง แบบจำลองอะตอม
2. เอกสารแหล่งข้อมูลที่ 1.2 เรื่อง แบบจำลองอะตอม
3. อินเตอร์เน็ต
4. แบบจำลองกึ่งกลางทางความคิด เรื่อง แบบจำลองอะตอมสามมิติ
5. Power Point เรื่อง แบบจำลองอะตอม

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบได้ 2. บอกลักษณะแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบได้	- การนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70
3. สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายผลการศึกษาได้ 4. สามารถสร้างสรรค์ผลงานจากแบบจำลองทางความคิดได้	- การนำเสนอแบบจำลองทางความคิด	- แบบประเมินการคิดผลิตภาพ	ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70

เอกสารแหล่งข้อมูลที่ 1.2 แบบจำลองอะตอม

แบบจำลองอะตอม (Atomic model) เป็นภาพทางความคิดที่แสดงให้เห็น รายละเอียดของโครงสร้างอะตอมที่สอดคล้อง กับผลการทดลองและใช้อธิบายปรากฏการณ์ ของอะตอมได้ ซึ่งหลังจากสมัยของดาลตัน ผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในรุ่นต่อมาได้ค้นพบว่าอะตอมมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน มีธรรมชาติที่เป็นไฟฟ้าเกี่ยวข้องอยู่ด้วย และสามารถแบ่งแยกให้เล็กลงได้อีกในบางอะตอม ดังนั้นจึงมีแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมาอีกหลายแบบ ได้แก่

แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

ในปี พ.ศ. 2346 (ค.ศ. 1803) จอห์น ดอลตัน (John Dalton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้เสนอทฤษฎีอะตอมเพื่อใช้อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารก่อนและหลังทำปฏิกิริยา รวมทั้งอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ธาตุประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ หลายอนุภาค อนุภาคเหล่านี้เรียกว่า “อะตอม” ซึ่งแบ่งแยกไม่ได้ และทำให้สูญหายไม่ได้
2. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน เช่นมีมวลเท่ากัน แต่จะมีสมบัติต่างจากอะตอมของธาตุอื่น
3. สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุมากกว่าหนึ่งชนิดทำปฏิกิริยาเคมีกันในอัตราส่วนที่เป็นเลขลงตัวน้อย ๆ

แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

ในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 ได้มีการค้นพบรังสีชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า รังสีแคโทด (cathode ray) ที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Julius Plicker ซึ่งใช้หลอดแก้วที่สูบอากาศออกและมีอิเล็กโตรด 2 อันอยู่คนละข้าง (แอโนดเป็นขั้วไฟฟ้าบวก และแคโทดเป็นขั้วไฟฟ้าลบ) ของหลอดแก้ว และต่อไปยังไฟฟ้าที่มีศักย์สูง ทำให้เกิดรังสีขึ้นภายในหลอดแก้ว เรียกว่า รังสีแคโทด และในปี 1897 ได้มีผู้ทำการทดลองเกี่ยวกับรังสีแคโทดนี้ โดยค้นพบว่ามีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งต่อมาเรียกว่า "อิเล็กตรอน" จากรังสีแคโทด เขาผู้นี้คือ เซอร์โจเซฟ จอห์น ทอมสัน (Sir Joseph John Thomson) ดังนั้นความเชื่อที่เข้าใจกันว่าอะตอมแบ่งแยกอีกไม่ได้ จึงไม่ถูกต้องอีกต่อไป และทอมสันได้เสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นใหม่ ดังนี้ "อะตอมมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบ อะตอมโดยปกติอยู่ในสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้ทั้งสองประจุนี้มีจำนวนเท่ากันและกระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอภายในอะตอม โดยมีการจัดเรียงที่ทำให้อะตอมมีสภาพเสถียรมากที่สุด"

แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) ได้ทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟา (นิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม) ไปที่แผ่นโลหะบาง ในปี พ.ศ.2449 และพบว่าอนุภาคนี้ สามารถวิ่งผ่านได้เป็นจำนวนมาก แต่จะมีเพียงส่วนน้อยที่เป็นอนุภาคที่กระเจิง (การที่อนุภาคเบนจากแนวการเคลื่อนที่จากที่เดิมไปยังทิศทางต่างๆ กัน) ไปจากแนวเดิมหรือสะท้อนกลับทางเดิม

จากการทดลองนี้ รัทเธอร์ฟอร์ดจึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่า "อะตอมมีลักษณะโปร่งประกอบด้วยประจุไฟฟ้าบวกที่รวมกันอยู่ที่ศูนย์กลางเรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งถือว่าเป็นที่รวมของมวล

เกือบทั้งหมดของอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบๆนิวเคลียสด้วยระยะห่างจากนิวเคลียสมาก เมื่อเทียบกับขนาดของนิวเคลียส และระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนเป็นที่ว่างเปล่า"

แบบจำลองอะตอมของโบร์

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาเรื่องเกี่ยวกับอะตอม โดยได้เสนอแบบจำลองอะตอมจากการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งแบบจำลองของรัทเธอร์ฟอร์ดได้รับการยอมรับแต่ก็ยังไม่สมบูรณ์ จึงมีผู้พยายามหาคำอธิบายเพิ่มเติม โดยในปี 1913 นีล โบร์ (Niels Bohr) ได้นำทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมมาประยุกต์ใช้ในการทดลอง เพื่อพัฒนาแบบจำลองอะตอมของรัทเธอร์ฟอร์ด แต่ในการทดลองของเขาสามารถอธิบายได้เฉพาะอะตอมของไฮโดรเจนที่มีอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว โดยได้เสนอแบบจำลองอะตอมของไฮโดรเจนว่า

1. อิเล็กตรอนจะวิ่งวนเป็นวงกลมรอบนิวเคลียส โดยมีวงโคจรบางวงที่มีอิเล็กตรอนไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาในวงโคจรดังกล่าว
2. อิเล็กตรอนจะรับหรือปล่อยพลังงานออกมา เมื่อมีการเปลี่ยนวงโคจรที่กล่าวในข้อที่ 1 พลังงานที่อิเล็กตรอนรับหรือปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

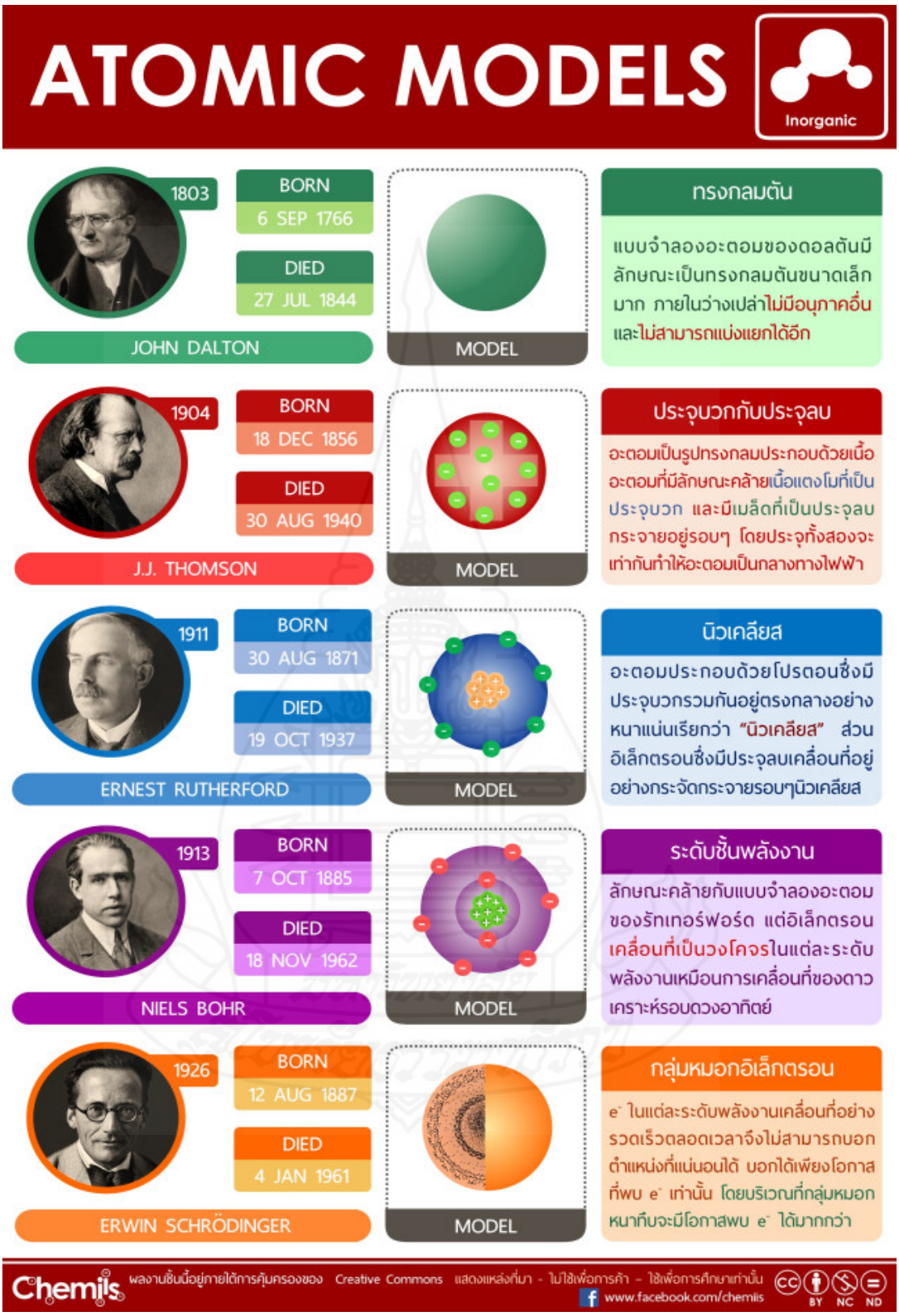
อะตอมจะประกอบด้วย กลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียส โดยมีทิศทางไม่แน่นอน โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนบริเวณใกล้นิวเคลียสมีมากกว่าบริเวณที่อยู่ห่างจากนิวเคลียส

เนื่องจากแบบจำลองอะตอมของโบร์ใช้อธิบายได้ดีเฉพาะธาตุไฮโรเจนซึ่งมีอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว ดังนั้นถ้าธาตุมีหลายอิเล็กตรอน ทฤษฎีของโบร์ไม่สามารถอธิบายได้ นักวิทยาศาสตร์จึงค้นคว้า ทดลองจนเกิดเป็นแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งมีลักษณะดังนี้

อิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสด้วยความเร็วสูง วงโคจรไม่จำเป็นต้องเป็นวงกลมเสมอ

ไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนได้

บริเวณกลุ่มหมอกหนาทึบ แสดงว่ามีโอกาสพบอิเล็กตรอนบริเวณนั้นมาก และบริเวณที่กลุ่มหมอกจาง แสดงว่ามีโอกาสพบอิเล็กตรอนน้อย



ที่มาของภาพ : www.facebook.com/chemis

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาเคมีพื้นฐาน **เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม**

จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน **เวลา 1 ชั่วโมง**

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ในการจัดจำแนกประเภทของสารเป็นสารละลายคอลลอยด์และสารแขวนลอยควรพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ในข้อใด

ก. สี ข. ความขุ่น

ค. องค์ประกอบ ง. ขนาดอนุภาค

2. สารในข้อใดต่อไปนี้จัดเป็นประเภทสารละลายทั้งหมด

ก. น้ำเกลือ น้ำมันเตา แก๊สคลอรีน

ข. แก๊สธรรมชาติ น้ำมันโซล่า ทองสัมฤทธิ์

ค. น้ำมันพืช น้ำอัดลม ซูโครส

ง. สารหนู น้ำมันเบนซิน น้ำมันโซล่า

3. ตารางลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของของเหลวชนิดต่างๆ

ชนิดของของเหลว	สี	ตะกอน	ผลที่ได้จากการระเหย	อุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะ
A	ใสไม่มีสี	มีตะกอนก้นภาชนะ	ได้ของแข็งสีขาวขุ่น	อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น
B	ใสไม่มีสี	ไม่มีตะกอน	ได้ของแข็งสีขาว	อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น
C	สีฟ้า	ไม่มีตะกอน	ได้ของแข็งสีฟ้า	อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น
D	ใสไม่มีสี	ไม่มีตะกอน	ไม่พบสารตกค้า	อุณหภูมิคงที่

ของเหลวใดบ้างจัดเป็นสารเนื้อเดียว

ก. A เท่านั้น

ข. B และ C

ค. B , C และ D

ง. D เท่านั้น

4. การจำแนกสารโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์จะได้สารตามข้อใด

ก. สารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม

ข. สารแขวนลอย คอลลอยด์

ค.ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

ง. สารแขวนลอย คอลลอยด์ สารละลาย

5. สารในข้อใดจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ก. น้ำเต้าหู้ น้ำเกลือ น้ำแป้ง

ข. น้ำเกลือ น้ำนมสด น้ำโคลน

ค. น้ำเกลือ น้ำหวาน นมสด

ง. น้ำคลอง น้ำนมสด น้ำเชื่อม

6. เมื่อนำสารของเหลวสีแดงชนิดหนึ่งมากลั่น พบว่าของเหลวนี้เดือดที่ 89 องศาเซลเซียส ของเหลวที่กลั่นได้ไม่มีสี เมื่อกลั่นต่อไปจนเกือบหมดของเหลวที่เหลือยังคงมีสีแดง สามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

ก. สารละลายนี้เป็นสารละลายของสารสีแดงในน้ำ

ข. สารละลายนี้เป็นสารละลายของสารสีแดงในของเหลวไม่มีสีที่ไม่ใช่น้ำ

ค. สารละลายนี้เป็นสารละลายของสารไม่มีสีในของเหลวสีแดง

ง. สารละลายนี้เป็นสารลารละลายของสารสีแดงในของเหลวสีแดง

7. จากการทดลองของทอมสัน จงพิจารณาผลการทดลองว่าข้อสรุปใดถูกต้อง

ก. รังสีแคโทดเป็นกระแสอิเล็กตรอนที่มาจากขั้วแคโทดเท่านั้น

ข. รังสีบวกที่มากระทบฉากเรืองแสงคือไอออนบวกของแก๊สไฮโดรเจน

ค. อะตอมประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนที่มีประจุบวกมารวมกันอยู่ที่แกนกลางและอนุภาคอิเล็กตรอนที่มี ประจุลบวิ่งกระจายอยู่โดยรอบทั่วไป

ง. อนุภาคลบที่รวมกันเป็นรังสีมากระทบฉากเรืองแสงด้านแอโนด ควรเป็นอนุภาคของส่วนประกอบของทุกธาตุเพราะมีค่าประจุต่อมวลคงที่

8. ข้อมูลจากการทดลองใช้รังสีแคโทดในข้อใด สนับสนุนว่าในนิวตรอนมีนิวเคลียส

1. อนุภาคบวกที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนมีค่าอัตราส่วนประจุต่อมวลไม่เท่ากับค่าที่มาจากอนุภาคบวกของนีออน

2. ในกรณีใช้แก๊สนีออน อนุภาคบวกมีค่าอัตราส่วนประจุต่อมวล2เท่าที่ใกล้เคียงกัน

3. อัตราส่วนประจุต่อมวลของอนุภาคลบมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะใช้แก๊สชนิดใด

ก. 1 เท่านั้น

ข. 1 และ 2 เท่านั้น

ค. 1และ 3 เท่านั้น

ง. 1 2 และ 3

9. จากข้อเสนอเกี่ยวกับระดับพลังงานของอิเล็กตรอนและแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ข้อสรุปใดถูกต้องที่สุด

ก. ขอบเขตที่แน่นอนของอะตอมคือบริเวณที่มีหมอกทึบที่สุด

ข. อิเล็กตรอนของระดับพลังงานใดก็จะคงอยู่ในระดับพลังงานของตนตลอดเวลา

ค. โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนทั้งหมดในบริเวณที่มีหมอกทึบมาก

ง. โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนกลุ่มหนึ่งซึ่งมีช่วงระดับพลังงานใกล้เคียงกันในบริเวณหนึ่งมีมากกว่าบริเวณอื่น

10. ข้อใดคือผลการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ดในการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ

ก. อนุภาคส่วนใหญ่จะถูกเบนไปมาก

ข. อนุภาคส่วนใหญ่จะถูกเบนไปเล็กน้อย

ค. อนุภาคส่วนน้อยผ่านทะลุไปเป็นเส้นตรง

ง. อนุภาคส่วนน้อยจะถูกเบนไปเพียงเล็กน้อยส่วนประกอบของทุกธาตุเพราะมีค่าประจุต่อมวลคงที่

11. อนุภาคมูลฐานข้อใดที่มีมวลใกล้เคียงกัน

ก. โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน

ข. โปรตอนกับอิเล็กตรอน

ค. นิวตรอนกับอิเล็กตรอน

ง. โปรตอนกับนิวตรอน

12. ธาตุ A มีจำนวนอิเล็กตรอน 15 จำนวนนิวตรอน 16 คือสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ A คือข้อใด

ก. ${}^{16}_{1}\mathrm{A}$ ข. ${}^{16}_{15}\mathrm{A}$

ค. ${}^{31}_{15}\mathrm{A}$ ง. ${}^{16}_{31}\mathrm{A}$

13. ธาตุ X มีมวล 39 มีระดับพลังงานสูงที่สุด
n = 4 และรวมกับธาตุหมู่ 7 ได้สารประกอบไอออนิกในอัตราส่วน 1 : 1 และ Y มีเลขอะตอม15 และรวมกับธาตุหมู่ 7 ได้สารประกอบโควาเลนซ์ ในอัตราส่วน 1 : 3 และ 1 : 5 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ X และ Y คือข้อใด

ก. ${}^{39}_{18}X$ $\mathbf{{}^{30}_{15}Y}$

ข. ${}^{39}_{19}X$ $\mathbf{{}^{31}_{15}Y}$

ค. ${}^{39}_{20}X$ $\mathbf{{}^{32}_{15}Y}$

ง. ${}^{39}_{21}X$ $\mathbf{{}^{33}_{15}Y}$

14. อนุภาคใดมีจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนของคลอรีนอะตอม (เลขอะตอม H =1,O=8,F=9,Ne=10,S=16,Cl=17)

ก. OF_2

ข. Ne

ค. OH^-

ง. S^-

15. ธาตุ X อยู่หมู่ที่ 3 คาบที่ 4 มีเลขอะตอมเท่าใด และจะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนอย่างไร

ก. เลขอะตอมเท่ากับ 14 จัดอิเล็กตรอนได้เป็น 2,8,4

ข. เลขอะตอมเท่ากับ 21 จัดอิเล็กตรอนได้เป็น 2,8,8,3

ค. เลขอะตอมเท่ากับ 31 จัดอิเล็กตรอนได้เป็น 2,8,18,3

ง. 4 เลขอะตอมเท่ากับ 32 จัดอิเล็กตรอนได้เป็น 2,8,18

16. อิเล็กตรอนมีจำนวนมากที่สุดได้เท่าใดในระดับพลังงานที่ 4

ก. 8

ข. 18

ค. 28

ง. 32

17. ธาตุที่มีเลขอะตอมต่อไปนี้มีสิ่งใดเหมือนกัน

1 3 11 19 37

ก. เป็นอโลหะเหมือนกัน

ข. มีจำนวนอนุภาคมูลฐานเท่ากัน

ค. อยู่ในระดับพลังงานเดียวกัน

ง. มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน

18. ธาตุ X มีเลขอะตอมเท่ากับ 39 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 อยู่ในระดับพลังงานสูงสุดคือระดับ 4 X^+ ไอออนจะมีจำนวนนิวตรอนเท่าใด

ก. 19

ข. 20

ค. 39

ง. 40

19. เมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆของธาตุหมู่ IA กับหมู่ VIA สมบัติใดต่อไปนี้ธาตุทั้งสองหมู่ที่เหมือนกันกันโดยพิจารณาจากบนลงล่าง

ก. ค่า EN ลดลง

ข. ค่า IE_1 เพิ่มขึ้น

ค. จุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้น

ง. ถูกทุกข้อ

20. ธาตุ $_{19}K$ สามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักได้ตามข้อใด

ก. 2, 8, 9

ข. 2, 8, 8, 1

ค. 2, 10, 6

ง. 2, 2, 8, 4, 3

21. ธาตุในข้อใดที่อยู่ในคาบเดียวกันและหมู่ในหมู่ 2 กับหมู่ 5

ก. $_{20}R$, $_{38}Q$

ข. $_{13}X$, $_{33}Y$

ค. $_{37}Z$, $_{38}Q$

ง. $_{33}F$, $_{20}R$

22. ธาตุ $_{36}Sn$ นำมาจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยได้อย่างไร

ก. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$, $3d^{10}$,$4p^6$

ข. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$, $3d^{10}$

ค. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$

ง. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$

23. ธาตุ $_{29}Cu$ นำมาจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยได้อย่างไร

ก. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^4$, $4s^2$, $3d^{10}$

ข. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$, $3d^{10}$

ค. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^1$, $3d^{10}$

ง. $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$

24. การจัดเรียงเลขอะตอมจากน้อยไปมากแบ่งธาตุออกเป็น 8 หมู่ในแนวนอนและ 7 คาบในแนวดิ่ง เป็นไปตามกฎใด

ก. กฎออกเตท

ข. กฎของบอยล์

ค. กฎพีรีออดิก

ง. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

25. ค่า EI $_1$ ของธาตุในคาบเดียวกันของตารางธาตุจากซ้ายไปขวามีแนวโน้มการจัดเรียงพลังงานอย่างไร เพราะเหตุใด

ก. ค่อย ๆ น้อยลง เพราะขนาดของอะตอมค่อย ๆ น้อยลงตามลำดับ

ข. ค่อย ๆ น้อยลง เพราะขนาดของอะตอมค่อย ๆ ใหญ่ขึ้นตามลำดับ

ค. ค่อย ๆ มากขึ้น เพราะขนาดของอะตอมค่อย ๆ น้อยลงตามลำดับ

ง. ค่อย ๆ มากขึ้น เพราะขนาดของอะตอมค่อย ๆ ใหญ่ขึ้นตามลำดับ

26. จัดระดับพลังงานย่อยได้ $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^1$ เป็นการจัดอิเล็กตรอนของธาตุใด และอยู่ในหมู่ A หรือหมู่ B

ก. C หมู่ A

ข. Cu หมู่

ค. Na หมู่ A

ง. Au หมู่ B

27. ธาตุ X จัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยได้เป็น $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$, $4s^2$, $3d^{10}$, $4p^6$, $5s^2$, $4d^2$ ธาตุ X อยู่ในธาตุกลุ่มใด

ก. ธาตุหมู่ A

ข. ธาตุหมู่ B

ค. ธาตุแลนทาไนท์

ง. ถูกทุกข้อ

28. ธาตุดังต่อไปนี้ธาตุใดอยู่หมู่เดียวกันตามตารางธาตุ

$$^{24}_{12}A \quad ^{79}_{34}B \quad ^{85}_{37}C \quad ^{137}_{56}D$$

ก. A กับ B

ข. A กับ C

ค. A กับ D

ง. B กับ C

29. ไอออนคู่ใดมีการจัดอิเล็กตรอนเหมือนแก๊สเฉื่อย

ก. Si^{2+} , N^{3+}

ข. S^- , Si^{2+}

ค. N^{3-} , Si^{4+}

ง. P^{2-} , Al^{3+}

30. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการบอกตำแหน่งหมู่และคาบของธาตุในตารางธาตุ

ก. การบอกเลขคาบจะพิจารณาจากเลขแสดงค่าระดับพลังงานย่อย

ข. การบอกเลขหมู่พิจารณาจากผลรวมของจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดที่ปรากฏในระดับ n กับจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระดับพลังงาน n-1 เฉพาะออร์บิทัลที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ยังไม่เต็มจำนวน

ค. การระบุกลุ่ม A หรือ B หลังตัวเลขแสดงหมู่ธาตุให้พิจารณาจากชนิดของออร์บิทัลที่อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุอยู่

ง. อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุลงใน s และ p ออร์บิทัลจะเป็นกลุ่ม A ถ้าลงใน d และ f ออร์บิทัลจะเป็นกลุ่ม B

****

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม

1.	ง	16.	ง
2.	ข	17.	ง
3.	ค	18.	ข
4.	ก	19.	ก
5.	ค	20.	ข
6.	ข	21.	ง
7.	ง	22.	ก
8.	ข	23.	ค
9.	ง	24.	ค
10.	ง	25.	ค
11.	ง	26.	ค
12.	ค	27.	ข
13.	ข	28.	ค
14.	ง	29.	ค
15.	ค	30.	ก

##

แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดเชิงผลิตภาพ

รายการประเมินการให้คะแนน	เกณฑ์การประเมิน			
	4	3	2	1
1. ช่างสังเกต 1.1 มีความตั้งใจ สมาธิ และความเข้าใจในการสังเกต				
1.2 สามารถใช้ประสาทสัมผัสหลายทางในการรับรู้และสำรวจสิ่งที่สังเกต				
1.3 สามารถรวบรวมข้อมูลการที่สังเกตได้ทั้งด้านคุณลักษณะและปริมาณ				
1.4 สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์				
1.5 สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล				
2. คิดต่อเนื่อง				
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ				
4. คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต				
5. คิดแล้วทำ				
6. คิดให้ตลอด				
7. พร้อมรับการทดสอบ				
สรุปผลคะแนน				

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 4 ดีมาก ระดับ 3 ดี ระดับ 2 พอใช้ ระดับ 1 ปรับปรุง

การแปลผล

นักเรียนมีผลการประเมินในระดับ 4 ค่าเฉลี่ย 3.51-4.00 เป็นผู้มีทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพระดับดีมาก

นักเรียนมีผลการประเมินในระดับ 3 ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 เป็นผู้มีทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพระดับดี

นักเรียนมีผลการประเมินในระดับ 2 ค่าเฉลี่ย 1.71-2.50 เป็นผู้มีทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพระดับพอใช้

นักเรียนมีผลการประเมินในระดับ 1 ค่าเฉลี่ย 1.00-1.70 เป็นผู้มีทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพระดับปรับปรุ

การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

ตัวชี้วัดทักษะการสังเกต	ระดับ 4 (ดีมาก)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 2 (พอใช้)	ระดับ 1 (ปรับปรุง)
1.1 มีความตั้งใจ สมาธิ และความเข้าใจในการสังเกต	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมีความไวในการรับรู้สิ่งที่สังเกต	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมีความไวในการรับรู้สิ่งที่สังเกตแต่ยังขาดความรู้	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมีความไวในการรับรู้สิ่งที่สังเกตน้อย	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมีความไวในการรับรู้สิ่งที่สังเกตน้อย
1.2 สามารถใช้ประสาทสัมผัสหลายทางในการรับรู้และสำรวจสิ่งที่สังเกต	ใช้ประสาทสัมผัสหลายทางในการรับรู้สิ่งที่สังเกตอย่างละเอียด	ใช้ประสาทสัมผัสหลายทางในการรับรู้สิ่งที่สังเกต	ใช้ประสารทสัมผัสเพียง 2-3 ด้านในการรับรู้	ใช้ประสาทสัมผัสเพียงด้านเดียวในการรับรู้สิ่งที่สังเกต
1.3 สามารถรวบรวมข้อมูลการที่สังเกตได้ทั้งด้านคุณลักษณะและปริมาณ	ได้ข้อมูลในสิ่งที่สังเกตอย่างละเอียดครบถ้วน ทั้งในเชิงปริมาณและคุณลักษณะ	ได้ข้อมูลในสิ่งที่สังเกตทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะที่สำคัญๆ แต่ยังขาดรายละเอียด	ได้ข้อมูลในสิ่งที่สังเกตทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะพียงลักษณะเดียว ข้อมูลที่ได้ไม่ละเอียด และขาดข้อมูลที่สำคัญ	ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณลักษณะเพียงลักษณะเดียวยังขาดข้อมูลที่สำคัญ
1.4 สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์	สามารถรายงานข้อมูลที่สังเกตได้ครบถ้วนเชิงประจักษ์ที่สังเกต	สามารถรายงานข้อมูลที่สังเกตได้ตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์แต่ข้อมูลที่รายงานยังไม่ครบถ้วน	การรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์แต่ยังไม่ครบถ้วน ไม่ตีความ แต่ยังไม่ครบถ้วน	การรายงานข้อมูลยังไม่ครบถ้วน
1.5 สามารถรายงานข้อมูลการสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล	สามารถรายงานข้อมูลที่สังเกตได้โดยไม่ตีความข้อมูล	สามารถรายงานข้อมูลที่สังเกตได้โดยไม่ตีความข้อมูล	รายงานข้อมูลที่สังเกตได้ โดยมีการตีความข้อมูลบ้าง	มีการตีความใส่ความคิดเห็นเกินข้อเท็จจริงโดยไม่มีการแยกแยะระหว่างข้อเท็จจริงและความคิดเห็น
2. คิดต่อเนื่อง	คิดในสิ่งที่สนใจศึกษาที่ต้องการผลิตโดยไม่หยุดคิดเป็นการติดต่อเนื่องเชื่อมโยงไปสู่ผลงานหรือชิ้นงานที่จะผลิต	คิดในสิ่งที่สนใจศึกษาที่ต้องการผลิตโดยไม่หยุดคิดเป็นการติดต่อเนื่อง	คิดในสิ่งที่สนใจศึกษาที่ต้องการผลิต	คิดในสิ่งที่สนใจ

ตัวชี้วัดทักษะการสังเกต	ระดับ 4 (ดีมาก)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 2 (พอใช้)	ระดับ 1 (ปรับปรุง)
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต ข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว แล้วมองต่อไปได้ว่าข้อสงสัยนั้นน่าจะมีปัญหาอะไรและปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง และคิดปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นกว่าเดิม	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต ข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว แล้วมองต่อไปได้ว่าข้อสงสัยนั้นน่าจะมีปัญหาอะไรและปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต ข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต
4. คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรมเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น และจับต้องได้เช่น ความคิดค่านิยม ความสามารถในการสรุปเรียบเรียงขึ้นใหม่ก็ได้	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรมเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น และจับต้องได้	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรมเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรม
5.คิดแล้วทำ	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล ทำให้ได้ผลผลิตจากการกระทำซึ่งผลอาจจะเป็นแนวคิด วิธีการ ชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือผลออกมาเป็นสิ่ง หรือนวัตกรรม	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล ทำให้ได้ผลผลิตจากการกระทำซึ่งผลอาจจะเป็นแนวคิด วิธีการ	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล ทำให้ได้ผลผลิตจากการกระทำ	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล
6.คิดให้ตลอด	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน มองเห็นภาพตั้งแต่ต้นจนจบ และคาดหวังในผลงานที่จะเกิดขึ้นแล้วลงมือทำ ทำจนสำเร็จได้ผลงานหรือชิ้นงานออกมา	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน มองเห็นภาพตั้งแต่ต้นจนจบ และคาดหวังในผลงานที่จะเกิดขึ้น	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน มองเห็นภาพตั้งแต่ต้นจนจบ	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน

ตัวชี้วัดทักษะการสังเกต	ระดับ 4 (ดีมาก)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 2 (พอใช้)	ระดับ 1 (ปรับปรุง)
7. พร้อมรับการทดสอบ	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้ เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง ยอมรับในผลการประเมิน และพร้อมปรับปรุงงาน	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้ เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง ยอมรับในผลการประเมิน	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินวิชาการ	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์

เกณฑ์คุณลักษณะ 7 ประการของผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ มีแนวทางในการประเมินได้ดังนี้

คุณลักษณะ	รายละเอียด	แนวทางการประเมิน
1. ช่างสังเกต	การรับรู้และการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะและรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์ โยไม่ตีความ	ผู้เรียนสังเกตสิ่งที่กำหนดให้ ให้รายงานสิ่งที่สังเกตตุได้ ประเมินความสามารถในการสังเกตตามเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)
2. คิดต่อเนื่อง	คิดในสิ่งที่สนใจศึกษาที่ต้องการผลิตโดยไม่หยุดคิด เป็นการติดต่อเนื่องเชื่อมโยงไปสู่ผลงานหรือชิ้นงานที่จะผลิต	ให้งานสังเกตสิ่งของ หรือสิ่งที่ต้องการศึกษา ให้คิดหาทางปรับปรุงสิ่งที่ศึกษาให้ดีขึ้น อาจเป็นสิ่งของเครื่องใช้ และให้รายงานสิ่งที่คิดได้ตามลำดับความผิดประเมินจากระดับความคิดที่ต่อเนื่อง
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ	คิดปรับปรุงสิ่งเดิม มีข้อสังเกต ข้อสงสัยในสิ่งรอบตัว แล้วมองต่อไปได้ว่าข้อสงสัยนั้นน่าจะมีปัญหาอะไรและปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง แลละคิดปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นกว่าเดิม	ให้ผู้เรียนเสนอ สิ่งประดิษฐ์ชิ้นงานหรือสิ่งที่ต้องการทำ โดยสิ่งที่เสนอนั้นเป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าสิ่งเดิมที่มีอยู่ประเมินจากการวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการทำ วิเคราะห์ปัญหาเดิมที่มีอยู่และเสนอสิ่งใหม่ ที่ดีกว่าเดิมจากความชัดเจนในการวิเคราะห์งานที่ทำ

คุณลักษณะ	รายละเอียด	แนวทางการประเมิน
4. คิดเชื่อมโยงกับผลิต	คิดเชื่อมโยงจากความคิดนามธรรมไปสู่ความคิดรูปธรรมเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจ มองเห็น และจับต้องได้เช่น ความคิด ค่านิยม ความสามารถในการสรุปเรียบเรียงขึ้นใหม่ก็ได้	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำ ให้ผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์ของงานและรายงานการคิดที่ทำให้ได้ผลงาน ชิ้นงานหรือสิ่งที่ต้องการทำ ประเมินจากความสามารถในการคิด ในการทำสิ่งที่ต้องการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ สามารถเชื่อมโยงจากแนวคิดไปสู่ผลงานที่ต้องการทำที่เป็นรูปธรรมได้
5. คิดแล้วทำ	ลงมือทำทันที ไม่รีรอลังเล ทำให้ได้ผลผลิตจากการกระทำ ซึ่งผลอาจจะเป็นแนวคิด วิธีการชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือผลออกมาเป็นสิ่ง หรือนวัตกรรม	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำ ประเมินจากจากลงมือทำทันที ตั้งใจทำงาน
6. คิดให้ตลอด	คิดวางแผน คิดรายละเอียดของงาน มองเห็นภาพตั้งแต่ต้นจนจบ และคาดหวังในผลงานที่จะเกิดขึ้นแล้วลงมือทำ ทำจนสำเร็จได้ผลงานหรือชิ้นงานออกมา	ให้ผลิตชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือสิ่งที่ต้องการทำให้ผู้เรียนเสนอผลงานที่ทำได้ และรายงานกระบวนการคิดจนได้ผลงานออกมา ประเมินจากผลงานหรือชิ้นงานที่ทำได้ ดูคุณภาพประสิทธิภาพของงานและประเมินการคิดในทุกขั้นตอน ตั้งแต่คิดวางแผนการทำงานขั้นตอนย่อย กระบวนการทำงานจนสำเร็จ โดยดูลำดับความคิดที่ต่อเนื่อง ถูกต้อง เหมาะสมในขั้นตอนย่อยต่างๆ
7. พร้อมรับการทดสอบ	ผลงานหรือผลผลิตที่สำเร็จสมบูรณ์ต้องพร้อมที่จะได้รับการทดสอบประเมินทั้งในเชิงของวิชาการและการนำไปใช้เพื่อให้ผลงานนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้จริง ยอมรับในผลการประเมินและพร้อมปรับปรุงงาน	ประเมินผลงานผู้เรียนพิจารณาในคุณภาพของผลงานประสิทธิภาพ ความเหมาะสมความสวยงาม การใช้งานพิจารณาการปรับปรุงงานจากงานเดิมให้ดีขึ้นกว่าเดิม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายธีระศักดิ์ ไชยสัตย์
วัน เดือน ปีเกิด	1 มกราคม 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	ค.บ.วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี พ.ศ. 2557
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนธนาคารออมสิน ตำบลร่อนทอง อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ตำแหน่ง	ครู คศ.1