การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์

ของ

จิรภัทร ศรีระอุดม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

สิงหาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์
ของ
จิรภัทร ศรีระอุดม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
สิงหาคม 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Learning Activity based EIMA Instructional Model to Enhance the Scientific Explanation Ability and Analytical Thinking of Mathayomsuksa 5 Students

Jiraphat Sriraudom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

August 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

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

ชื่อเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย จิรภัทร ศรีระอุดม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 2) เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดการคิดวิเคราะห์และ 4) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ One sample t-test

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีการคิดวิเคราะห์จำแนกราย

ด้านและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA, ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, การคิดวิเคราะห์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

TITLE Learning Activity based EIMA Instructional Model to Enhance the Scientific Explanation Ability and Analytical Thinking of Mathayomsuksa 5 Students

AUTHOR Jiraphat Sriraudom

ADVISORS Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to compare scientific explanation ability of mathayomsuksa 5 students through using EIMA instructional model with the criterion of 70 percent 2) to compare analytical thinking of mathayomsuksa 5 students through using EIMA instructional model with the criterion of 70 percent and 3) to compare learning achievement on the topic of acid-base of mathayomsuksa 5 students through using EIMA instructional model with the criterion of 70 percent. The samples used in this study were 34 students of mathayomsuksa 5/3 in the 2nd semester of 2021 academic year at Yangtaladwittayakarn school. The research instruments included 1) the lesson plans by using EIMA instructional model in topic of acid-base 2) the scientific explanation ability test 3) the analytical thinking test and 4) the learning achievement test. Statistics values used in this study consist of means, percentage, standard deviation and one sample t-test.

The results were as follows:

1) Students who have been learning by using EIMA instructional model having higher scientific explanation ability than 70 percent criteria with statistically significant at the .05 level.

2.) Students who have been learning by using EIMA instructional model

having higher analytical thinking than 70 percent criteria with statistically significant at the .05 level.

3) Students who have been learning by using EIMA instructional model having higher learning achievement than 70 percent criteria with statistically significant at the .05 level.

Keyword : EIMA instructional model, Scientific explanation ability, Learning achievement, Analytical thinking

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร คณะครูและนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัย

จิรภัทร ศรีระอุดม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สารบัญรูปภาพ ..... ณ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
ภูมิหลัง 1
ความมุ่งหมายของการวิจัย 5
สมมติฐานของการวิจัย 6
ความสำคัญของการวิจัย 6
ขอบเขตการวิจัย 6
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 6
2. เนื้อหาวิชา 6
3. ระยะเวลาทำการวิจัย 7
4. ตัวแปรที่ศึกษา 7
นิยามศัพท์เฉพาะ 7
บทที่ 2 10
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร 11
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA 15
3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 37
4. การคิดวิเคราะห์ 48
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 69
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 81
6.1 งานวิจัยในประเทศ 81
6.2 งานวิจัยต่างประเทศ 85
บทที่ 3 89
วิธีดำเนินการวิจัย 89
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 89
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 90
3. การสร้างและคุณภาพเครื่องมือ 90
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 115
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 116
บทที่ 4 123
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 123
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 123
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 124
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 124
บทที่ 5 128
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 128

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย 128
2. สรุปผล 128
3. อภิปรายผล 129
4. ข้อเสนอแนะ 134
บรรณานุกรม 135
ภาคผนวก 141
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 142
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 144
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้วิจัย 168
ภาคผนวก ง ผลการตรวจคะแนน 198
ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 204
ประวัติผู้เขียน 212

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และรูปแบบการเรียนการสอน EIMA..... 16

ตารางที่ 2 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ของ Schwarz and Gwekwerere (2006)..... 26

ตารางที่ 3 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของ Lehmkuhl-Dakhwe (2018)..... 27

ตารางที่ 4 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553)..... 29

ตารางที่ 5 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561)..... 32

ตารางที่ 6 แสดงเกณฑ์การให้ความสามารถในคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Moji et al., 2004)..... 43

ตารางที่ 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (McNeill et al., 2006)..... 44

ตารางที่ 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008)..... 45

ตารางที่ 9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสันติชัย อนุวรชัย ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2006)..... 46

ตารางที่ 10 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกฤตกร สภาสันติกุล ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008)..... 47

ตารางที่ 11 แสดงสรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ... 47

ตารางที่ 12 แสดงอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูม (นันท์ภัส นิยมทรัพย์, 2560).. 74

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ห้อง จำนวน 204 คน 89

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้และชั่วโมงเรียน 92

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดความสามารถที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ 101

ตารางที่ 16 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008) 103

ตารางที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์กับจำนวนข้อแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ 107

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ 110

ตารางที่ 19 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design 115

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่องกรด – เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test 125

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test 126

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด – เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test 127

ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 171

ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 173

ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 175

ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 177

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 179

ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 181

ตารางที่ 29 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 183

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .. 185

ตารางที่ 31 แสดงสรุปผลการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยแยกเป็นรายด้าน..... 187

ตารางที่ 32 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน..... 187

ตารางที่ 33 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 189

ตารางที่ 34 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน..... 190

ตารางที่ 35 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน..... 191

ตารางที่ 36 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 193

ตารางที่ 37 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน..... 194

ตารางที่ 38 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 196

ตารางที่ 39 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส 199

ตารางที่ 40 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส 201

ตารางที่ 41 แสดงคะแนนการคิดวิเคราะห์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA 202

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)..... 160

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 1 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)..... 160

ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)..... 161

ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) 162

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังจะเห็นได้ว่าประเทศที่มีความมั่นคงและพัฒนาเศรษฐกิจได้ดีนั้นจะให้ความสำคัญกับการศึกษาและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก มนุษย์ทุกคนจึงต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิด พัฒนาทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงสามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ สำหรับประเทศไทยนั้นมีเป้าหมายในการปฏิรูประบบการศึกษาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยในศาสตร์ของการศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติ (Lehrer & Schuable, 2012) ซึ่งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นถูกกำหนดไว้ในการประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ที่มุ่งเน้นไปสู่การทดสอบความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1.) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identify scientific issue) 2.) การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation of phenomena) และ 3.) การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Evidence) จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2018 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนในครั้งที่ผ่านมาพบว่า ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐาน (Evidence) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Claim) และต้องสามารถให้เหตุผล (Reasoning) ประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง การอธิบายที่ดีนั้นควรแสดงถึงการอธิบายจากหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและกิจกรรมในชั้นเรียนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญประการหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจและทัศนคติที่ดีใน

การเรียนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของนักเรียน 5 ประการ ซึ่งสมรรถนะสำคัญประการหนึ่งคือ ความสามารถในการคิดของนักเรียนโดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจของตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์หรือเรื่องราวต่าง ๆ การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร เพื่อนำไปสู่การค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น การคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูมประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ แม้จะมีการส่งเสริมให้ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนแต่ที่ผ่านมาพบว่าการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนยังทำได้ในขอบเขตที่จำกัดและยังไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการด้วยความสำคัญดังกล่าวจึงจำเป็นต้องพัฒนาการคิดวิเคราะห์ให้แก่ผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง โดยผู้ที่มีบทบาทสำคัญก็คือ ครูผู้สอน ดังนั้นครูผู้สอนควรทำความเข้าใจและนำกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์มาบูรณาการเข้ากับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

สำหรับการเรียนการสอนในวิชาเคมีนั้น เป็นวิชาที่มุ่งเน้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสารและสมบัติของสาร โดยมักจะอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ มักจะถูกสื่อออกมาผ่านแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น ดังนั้นหากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก็จะสามารถเข้าใจถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ จนสามารถคาดการณ์และอธิบายความเป็นไปได้ที่เกิดขึ้น (Prins, Bulte, Van Driel & Pilot, 2008) แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่านักเรียนมักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจและไม่สามารถสื่อสารหรือนำความรู้ที่มีไปใช้เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารหรือสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัว เช่น กรด-เบส ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากธรรมชาติของเนื้อหากรด-เบสจะศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลที่ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถจินตนาการหรือสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ได้ (Mulford, & Robinson, 2002) โดยเฉพาะนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของการเขียนสัญลักษณ์ การจินตนาการและการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล ส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการเรียนรู้ (Harizal, 2012) จากรายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self-Assessment Report : SAR) โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2563 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดและการคิดวิเคราะห์ยังมีผลประเมินอยู่ใน

ระดับที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งจำเป็นต้องมีทักษะและกระบวนการคิดอย่างเพียงพอเพราะเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างองค์ความรู้และการดำรงชีวิตต่อไปในอนาคต รวมถึงเป้าประสงค์ของโรงเรียนที่มุ่งเน้นพัฒนาด้านความรู้และการคิดวิเคราะห์เพื่อสามารถนำความรู้ไปใช้ในการเรียนต่อระดับอุดมศึกษาและนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องบนพื้นฐานของเหตุผล ดังนั้นจึงควรมีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะพื้นฐานพร้อมที่จะศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นหรือการทำงานในอนาคต (โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร, 2563) และจากการสัมภาษณ์ครูประจำการผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนในรายวิชาเคมีพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในแต่ละปีที่ผ่านมามีปัญหาในส่วนของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งต้องใช้จินตนาการในการทำความเข้าใจถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหรือการเปลี่ยนแปลงของสสารในการทดลอง ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจซึ่งส่งผลให้มีการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ หรือการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานยังไม่ถูกต้องเท่าที่ควร อีกทั้งจากการสังเกตการจัดการเรียนสอนในวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในปีการศึกษา 2564 ผู้วิจัยได้สังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียนและการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายในส่วนความรู้ในเรื่องเรียนมาได้ แต่ยังไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากเดิม รวมถึงการที่นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบหลักลงในแบบฝึกหัดแต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้อย่างถูกต้อง และจากการสอบกลางภาคเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีทั้งส่วนที่เป็นปรนัยและอัตนัย ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่เลือกทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในส่วนที่เป็นปรนัยและส่วนที่เป็นอัตนัยพบว่า การเขียนตอบนั้นเป็นการเขียนตอบได้โดยการนำความรู้ความจำมาตอบ แต่ไม่สามารถนำทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญมาจากวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายที่ไม่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนขาดการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และคิดแก้ไขปัญหาและหากนักเรียนมีความรู้ด้านเนื้อหาทฤษฎีเพียงอย่างเดียว แต่ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ก็จะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ

จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวทางการสอนที่นำมาใช้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องเป็นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนที่มีรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ได้แก่ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) ซึ่งการสอน

โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้นั้นทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาทั้งในด้านความรู้และความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติ โดยการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วางแผนวิธีค้นคว้าหาคำตอบ รวบรวมข้อมูล สร้างข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ประเมินข้อสรุปจากทางเลือกต่าง ๆ และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุปที่ค้นคว้าได้ (National Research Council 2000) และจากการศึกษางานวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ควรเริ่มจากการใช้คำถามกระตุ้น ซึ่งการถามมีส่วนช่วยในการขยายการคิด การทำความเข้าใจให้กระจ่าง ก่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างการคิดใหม่ ๆ (วัฒนาพร งับทุกข์, 2545) จนเกิดเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง ดังนั้น Schwarz and Gwekwerere (2006) จึงเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอน EIMA (Engage- Investigate- Model-Apply) ที่ได้ประยุกต์มาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ที่มีลักษณะเด่นคือ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะหรือระหว่างการสืบเสาะมาอธิบายได้โดยใช้หลักฐาน คือ การสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งรูปแบบการการเรียนการสอน EIMA ประกอบด้วย 4 ขั้นดังนี้ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) 2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) 3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีขั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูลแล้วสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปใช้อธิบายในสิ่งที่สนใจได้อย่างถูกต้องและทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง เป็นการเชื่อมโยงความคิดอย่างเป็นระบบ สืบค้นข้อมูล ข้อเท็จจริงโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนการสอนมีการใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดคำถามและเกิดความคิดลงมือสำรวจตรวจสอบ รู้จักการใช้เหตุผลมาประกอบการพิจารณาการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (นุชรา ชุมมินทร์, 2557) ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่เป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือ จัดเตรียมสถานการณ์และกิจกรรมให้เอื้อต่อกระบวนการฝึกให้คิดหาเหตุผล จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่ารูปแบบการการเรียนการสอน EIMA นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาจัดกระทำข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และหาวิธีการนำเสนอแบบจำลองเพื่ออธิบายความรู้ให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ อีกทั้งนักเรียนสามารถนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลที่ลงมือได้ทำผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบนำไปสู่การลงข้อสรุป ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน

(สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี, 2561) และรูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีขั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นหนึ่งในทักษะทางกระบวนการวิทยาศาสตร์และเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในการจัดลำดับความรู้ และกำหนดโครงสร้างของความรู้อย่างเป็นระบบ จากแนวคิดทางกายภาพหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมที่มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายความรู้และจดจำความรู้ใหม่นั้นได้ (วนินทร สุภาพ, 2561)

ดังนั้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นและเหตุผลตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นจนสามารถนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์และมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบเสาะหาความรู้ การค้นคว้าหาข้อมูล การสังเกต การคิดวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปรายและสรุปเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจซึ่งสอดคล้องกับเป้าประสงค์ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคารก็คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะสามารถพัฒนานักเรียนให้สามารถจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองโดยสามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สมเหตุสมผล มีความรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีการคิดวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสำคัญดังนี้

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ได้กิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเป็นแนวทางในการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

2. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 6 ห้อง จำนวน 204 คน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 34 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เนื้อหาวิชา

เนื้อหาวิชาเคมี ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เล่ม 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง

การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 บทที่ 10 กรด-เบส จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 12 ชั่วโมง

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เกิดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยครูกำหนดสถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือสาธิตการทดลองที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง กรด-เบส โดยที่ครูทำการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มขนาดเล็ก และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยการคิดหรือช่วยกันสังเกตสิ่งที่เผชิญว่าเกี่ยวข้องกับเรื่องใดที่เรียนไปแล้วและเรื่องใดที่นักเรียนยังไม่ทราบโดยให้นักเรียนบันทึกลงในสมุด จากนั้นครูใช้คำถามและบทสนทนากระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดเพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และเกิดความมุ่งมั่นที่จะเรียนเพื่อนำไปสู่การตั้งประเด็นปัญหาที่จะศึกษา โดยครูมีการถามคำถามตรวจสอบเพื่อให้การตั้งประเด็นปัญหาอยู่ในกรอบที่กำหนดไว้

1.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบ โดยยึดการแบ่งกลุ่มนักเรียนในขั้นที่ 1 ช่วยกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจกับปัญหาว่ามีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดในวิชาเคมี ให้จดบันทึกหัวข้อเรื่องที่ต้องการสืบค้นลงในสมุด จากนั้นนักเรียนร่วมกันระบุสมมติฐานจากปัญหาที่ร่วมกันตั้งประเด็นและทำการสืบค้น สำรวจตรวจสอบรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และจดบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้ลงในสมุด

1.3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูลผ่านการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นสร้างความสนใจ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำเสนอออกมาเป็นรูปภาพ สมการเคมีหรือสัญลักษณ์เฉพาะที่เกี่ยวกับเคมี ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองของตนเองว่าเป็น

อย่างไร จากนั้นครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากน้อยเพียงใดและแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พร้อมนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน

1.4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่นที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม โดยครูให้สถานการณ์ ปรากฏการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดให้ สุ่มตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนที่มีข้อสงสัยและอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่แบบจำลองไม่สามารถอธิบายได้

2. แบบจำลอง (Model) หมายถึง เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าหรือวัดได้โดยตรง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยประเภทของแบบจำลองที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สมการทางเคมี รูปภาพ แผนภาพหรือการเขียนคำอธิบาย

3. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation ability) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปรากฏการณ์ เรื่อง กรด-เบส โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจและอธิบายถึงวิธีการและความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำกล่าวอ้างที่เชื่อถือได้ซึ่งองค์ประกอบหลักของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบโดยปรับปรุงมาจากรูปแบบของ McNeill (2006) ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อสรุปหรือข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ สถานการณ์หรือคำถามการทดลอง

(2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เก็บรวบรวมจากการทำปฏิบัติการทดลองหรือการสืบเสาะหาความรู้ โดยนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งเป็นตรรกะที่ใช้สำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

ซึ่งความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปลายเปิด จำนวน 6 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ (ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล)

4. การคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของข้อมูลหรือเรื่องราวออกเป็นหน่วยย่อย เพื่อค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยย่อยนั้น โดยอาศัยความรู้ในการอธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจในข้อมูลนั้นอย่างแท้จริง องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์ของบลูม แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ

(1) การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุสิ่งใดเป็นผล ซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิด การวิเคราะห์สิ่งสำคัญและการวิเคราะห์เลศนัย

(2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มีความเกี่ยวข้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ การวิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์สาเหตุของความสัมพันธ์และการวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย

(3) การวิเคราะห์หลักการ เป็นการค้นหาโครงสร้างระบบและสิ่งของเรื่องราวและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นได้เนื่องจากอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีหลักการอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การวิเคราะห์หลักการประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิเคราะห์หลักการ

ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่สามารถสร้างขึ้นใช้เอง ซึ่งแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning achievement) หมายถึง ผลจากการจัดการเรียนรู้ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้และระดับการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร
    - 1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
    - 2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
    - 2.2 แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
    - 2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
    - 2.5 บทบาทครูผู้สอนและนักเรียน
    - 2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 3.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 3.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 3.3 แนวทางการวัดความสามาถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4. การคิดวิเคราะห์
    - 4.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์
    - 4.2 ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์
    - 4.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์
    - 4.4 เทคนิคการสอนคิดวิเคราะห์
    - 4.5 การวัดและประเมินการคิดวิเคราะห์
    - 4.6 ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

5.3 การวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร (2563) ได้กล่าวถึง หลักสูตรสถานศึกษาในรายละเอียดเกี่ยวกับ วิสัยทัศน์ เป้าประสงค์ คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ว30224 เคมี 4 ดังนี้

1.1.1 วิสัยทัศน์

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร เพิ่มโอกาสทางการศึกษา พัฒนาคุณภาพได้มาตรฐานสากลบนความเป็นไทย ภายใต้การบริหารที่มีประสิทธิภาพ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ภายในปี 2564

1.1.2 เป้าประสงค์

1.1.2.1 นักเรียนเรียนมีความรักในสถาบันหลักของชาติ และยึดมั่นการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง หลักคิดที่ถูกต้องและเป็นพลเมืองดีของชาติ มีคุณธรรม จริยธรรม มีค่านิยมที่พึงประสงค์ มีจิตสาธารณะ รับผิดชอบต่อสังคมและผู้อื่น ซื่อสัตย์สุจริต มัธยัสถ์ อดออม โอบอ้อมอารี มีวินัย รักษาศีลธรรม

1.1.2.2 นักเรียน เป็นบุคคลแห่งการเรียน คิดริเริ่มและสร้างสรรค์นวัตกรรม สามารถจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ สมเหตุสมผล มีความรู้ มีทักษะและคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีสุขภาวะที่เหมาะสมตามวัย มีความสามารถในการพึ่งพาตนเอง อยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเป็นพลเมืองพลโลกที่ดี (Global Citizen) พร้อมก้าวสู่สากล นำไปสู่การสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

1.1.2.3 มีนักเรียนในสถานศึกษาทุกคนได้รับโอกาสในการศึกษาภาคบังคับและขั้นพื้นฐาน อย่างทั่วถึงมีคุณภาพและเสมอภาค ตามความต้องการรของผู้เรียนและพร้อมก้าวสู่สากล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอย่างมั่นคงและยั่งยืน

1.1.2.4 ครู เป็นผู้เรียนรู้ มีจิตวิญญาณความเป็นครู มีความแม่นยำทางวิชาการ และได้รับการพัฒนาจนเอง มีทักษะการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายตอบสนองผู้เรียนเป็นรายบุคคล เป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรม และทักษะในการใช้เทคโนโลยี ในการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

1.1.2.5 หลักสูตรสถานศึกษามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียน ชุมชน ท้องถิ่นและเอื้อต่อการดำรงชีพในประชาคมอาเซียน และเป็นมาตรฐานสากล

1.1.2.6 ผู้เรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่พึงประสงค์และดำเนินชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.1.2.7 ผู้บริหาร ครูและบุคลากรทางการศึกษามีภาวะผู้นำอย่างมืออาชีพ ทั้งด้านวิชาการและด้านบริหารจัดการ มีคุณธรรม ยึดหลักการมีส่วนร่วมและธรรมาภิบาลในการบริหารจัดการและพัฒนาสถานศึกษา

1.1.2.8 สภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาได้รับการพัฒนาให้เอื้อต่อการเรียนรู้และพัฒนาผู้เรียน พัฒนาคุณภาพผู้เรียนอย่างมีคุณภาพ

1.1.2.9 สถานศึกษาดำเนินการตามแนวทางการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษาพัฒนาผู้เรียนตามหลักเกณฑ์และเป้าประสงค์ ตัวชี้วัดและแนวทางการประกันคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ

1.1.2.10 สถานศึกษาได้รับการยกระดับคุณภาพสู่มาตรฐานการปฏิรูปการศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

1.1.3 คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ว32222 เคมี 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส คำนวณความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส ค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส ศึกษาปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ การไทเทรตและการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ คำนวณปริมาณสารและหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ รวมทั้งการนำความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสไปใช้ประโยชน์

ศึกษาเลขออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดิวซ์ เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ การเขียนและดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

ศึกษาเซลล์ไฟฟ้าเคมีและการเขียนแผนภาพเซลล์ คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ ศึกษาหลักการทำงานของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ หลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะรวมทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

โดยใช้ประบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

1.1.4 ผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ว30224 เคมีเพิ่มเติม 4 รวมทั้งหมด 19 ผลการเรียนรู้

1.1.4.1 ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

1.1.4.2 ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

1.1.4.3 คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

1.1.4.4 คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรด-เบส

1.1.4.5 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

1.1.4.6 เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ

1.1.4.7 ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส

1.1.4.8 คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

1.1.4.9 อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

1.1.4.10 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

1.1.4.11 คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

1.1.4.12 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

1.1.4.13 ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

1.1.4.14 ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

1.1.4.15 ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์

1.1.4.16 คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

1.1.4.17 อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

1.1.4.18 ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าและอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

1.1.4.19 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาหลักสูตรของสถานศึกษาโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ได้ระบุคำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ว30224 เคมีเพิ่มเติม 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีกรด-เบส สารละลายกรด-สารละลายเบส การแตกตัวของกรด-เบส ค่า pH ของสารละลาย ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลมาตรฐานการเรียนรู้ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบเสาะหาความรู้ การสืบเสาะข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปรายและสรุปเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าประสงค์ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคารก็คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะสามารถพัฒนานักเรียนให้สามารถจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ สมเหตุสมผล มีความรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ Schwarz และ Gwekwerere ร่วมกันพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 2006 โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การจัดกระทำข้อมูลและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและเกิดเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน เกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการสร้างแบบจำลองเป็นลักษณะพื้นฐานของการจัดการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้และแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จึงเน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการนำความรู้ที่ได้ไปสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจในด้านเนื้อหา ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งและเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น (Schwarz and White, 2005)

Schwarz และ Gwekwerere (2006) ร่วมกันพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ซึ่งคำว่า EIMA นั้นย่อมาจาก Engage (ขั้นสร้างความสนใจ) Investigate (ขั้นสำรวจและตรวจสอบ) Model (ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย) และ Apply (ขั้นประยุกต์ความรู้) ซึ่งได้พัฒนามาจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5E ของ Bybee (1997) โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ประกอบด้วย 5 ขั้นดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อสร้างความสนใจ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจนำไปสู่ประเด็นปัญหาที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นค้นคว้าหาความรู้ โดยทำความเข้าใจในประเด็นที่ต้องการศึกษา โดยใช้วิธีการสังเกต การค้นคว้า การทดลองหรือการลงมือปฏิบัติ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการการข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือ แนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปไปอธิบายสถานการณ์ เหตุการณ์ต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วได้รับความรู้อะไรบ้าง ความรู้ที่ได้มีมากน้อยเพียงใด และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์สู่เรื่องอื่น ๆ ได้หรือไม่

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และรูปแบบการเรียนการสอน EIMA

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E	การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA
Engagement	Engage
Exploration	Investigate
Explanation	Model
Elaboration	Apply
Evaluation	

การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความเหมือนและแตกต่างกับวิธีสอนด้วยรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีจุดเด่นคือ ในขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA จะเป็นขั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดกระทำข้อมูลมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อนำมาประกอบเป็นการสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างแบบจำลองนั้นถือเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอแนวคิดทางกายภาพ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้มองเห็นเป็นรูปธรรม จับต้องได้เพื่อสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้แบบจำลองยังช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจหรือสื่อสารสิ่งที่ตนเองเข้าใจให้ผู้อื่นฟังได้

2.2 แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.1 ความหมายและลักษณะแบบจำลอง

Gilbert (1991) ได้ให้ความหมายของคำว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายที่ต้องการจะสื่อ เพื่ออธิบายแนวคิด กระบวนการที่เกิด ระบบหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าหรือวัดประเมินได้โดยตรง ซึ่งแบบจำลองนั้นไม่ใช่ของจริงและมีข้อจำกัด ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้

Coll (1999) กล่าวว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมติหรือกล่าวได้ว่าแบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการหรือระบบซึ่งสามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับโลกของ ความจริง

Halloun (2006) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นแผนที่ในประเด็นที่มีความเฉพาะเจาะจงในโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งบทบาทหน้าที่ของแบบจำลองนั้นสามารถกแสดงกรอบแนวคิดที่เราสามารถมองเห็นได้ อธิบายได้และทำนายพฤติการณ์ของระบบได้

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้กล่าวถึงแบบจำลองว่า เป็นภาพที่นักเรียนสะท้อนออกมาจากความคิดของตนเองโดยผ่านการให้เหตุผลโดยใช้ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ในการที่จะอธิบายหรือทำนายสถานการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้กล่าวถึงแบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงทำให้มนุษย์สามารถเข้าใจทฤษฎีได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นธรรมชาติ และช่วยทำให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยลักษณะทั่วไปของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (Target) ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎีหรือกฎ

2. แบบจำลองสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติได้

3. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

4. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม

5. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

6. แบบจำลองอาจเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองวาฬสีน้ำเงิน แบบจำลองไวรัส

7. แบบจำลองบางชนิดสามารถแสดงเป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเส้นการไหลของพลังงาน (Energy flow) การแสดงการแตกเวกเตอร์ของแรง

8. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น ครูสาธิตแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

9. แบบจำลองสามารถแสดงระบบหรือลำดับของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมคาร์บอนภายในเพชร

10. แบบจำลองสามารถใช้แสดงการเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

11. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองของเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

วีระเกษตร สวนผกา (ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึงแบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้แทนของจริงเพื่อง่ายต่อการศึกษา สามารถทำความเข้าใจการทำงานของระบบจริงได้ง่ายกว่าการศึกษาระบบจริงโดยตรง

ดังนั้นผู้วิจัยสรุปความหมายของแบบจำลอง คือ เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงทำให้มนุษย์สามารถเข้าใจทฤษฎีได้ง่ายขึ้น

2.2.2 ประเภทของแบบจำลอง

Boulter and Buckley (2000) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะการแสดงออกของแบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองที่สามารถสัมผัสได้ โดยสร้างแบบจำลองเป็นรูปแบบสามมิติ ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะเหมือนกับเป้าหมายแต่มีสัดส่วนที่เล็กกว่าเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า Scale model เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก แต่ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีลักษณะและสัดส่วนไม่เหมือนเป้าหมายแต่มีหน้าที่หรือแสดงการทำงานที่สื่อถึงเป้าหมายได้จะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า Functional model เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น

2. แบบจำลองที่เป็นคำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำพูดหรือคำอธิบายในการบรรยายข้อความต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำพูดที่ใช้ในการอธิบายการทำงานภายในเซลล์เหมือนกับการทำงานภายในโรงงาน เป็นต้น

3. แบบจำลองที่เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สัญลักษณ์หรือสมการทางคณิตศาสตร์

4. แบบจำลองที่เป็นภาพ (Visual or Diagrammatic models) เป็นแบบจำลองที่สามารถมองเห็นได้ในรูปแบบสองมิติ เช่น กราฟ แผนภาพ รูปภาพหรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

5. แบบจำลองที่เป็นลักษณะท่าทาง (Gestural models) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเดินขึ้นบันไดของมนุษย์เปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน เป็นต้น

Gilbert (2003) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะการมีส่วนร่วมของบุคคล ได้แก่

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองหรือภาพที่เกิดขึ้นในสมองที่มีลักษณะเฉพาะตามแต่ละบุคคล

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่มีการนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นรับรู้ ซึ่งการแสดงออกนั้นจะแสดงออกในรูปแบบของคำพูด ภาพวาดหรือลักษณะท่าทาง เป็นต้น

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับผลการทดลองหรือประสบการณ์ของแต่ละกลุ่ม

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบและได้รับการยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยได้รับการเผยแพร่ในวารสารวิชาการต่าง ๆ

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) คือ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

พรรณวิไล ชมชิด (2550 อ้างอิงในศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552) ได้แบ่งแบบจำลองโดยใช้ลักษณะการแสดงออกของแบบจำลองเป็น เกณฑ์ในการแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้

1. รูปธรรม (Concrete mode) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากวัสดุที่คงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก

2. คำพูด (Verbal mode) เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของข้อความรู้ กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับพันธะโควาเลนต์ กล่าวว่า "พันธะโควาเลนต์เกิดจากการที่ธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันในการเกิดพันธะ"

3. สัญลักษณ์ (Symbolic mode) เช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น

4. ภาพ (Virtual mode) เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบน คอมพิวเตอร์

5. ลักษณะท่าทาง (Gesture mode) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการเคลื่อนที่ (ไหล) ของไอออนโดยให้

จะเห็นได้ว่าประเภทของแบบจำลองที่กล่าวมานั้นสามารถแบ่งประเภทได้หลายแบบ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปแบบของแบบจำลอง โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบจำลองเพื่อช่วยในการนำเสนอและใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าหรือวัดได้โดยตรงเพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น โดยประเภทของแบบจำลองที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สมการทางเคมี รูปภาพ แผนภาพหรือการเขียนคำอธิบาย

2.2.3 การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เริ่มจากงานของ Johnson-Laird (1980) ที่กล่าวว่า มนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) ขึ้นจากการเชื่อมโยงของความคิดขณะที่บุคคลนั้นกำลังคิดแก้ไขปัญหา บุคคลนั้นจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาและตรวจสอบความถูกต้อง ต่อมา Rea-Ramirez, Clement, Núnez-Oviedo (2008) ได้อธิบายทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน (mental modeling theory) ว่ามนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อใช้เปรียบเทียบหรือจำลองโลกแห่งความเป็นจริง นอกจากนี้ Kuhn และ Lakatos นักปรัชญาและประวัติศาสตร์ได้อธิบายว่าการสร้างแบบจำลอง ทางความคิดไม่ได้อาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Nersesian (1990) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เริ่มต้นจากนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางความคิดที่แสดงตัวแทนของระบบที่เป็นกายภาพ โดยการสร้างแบบจำลองทางความคิดจะเกิดขึ้นเมื่อต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบที่เป็นกายภาพและเพื่อทำให้เกิดทฤษฎีใหม่ ซึ่งเป็นการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า

จากการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะเห็นว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองเกิดขึ้นจากที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองค้นคว้าจนได้ข้อสรุป โดยนักวิทยาศาสตร์พิจารณาว่า

แบบจำลองเชิงทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีอยู่นั้นสามารถอธิบายข้อสรุปเหล่านี้ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะทำการปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีขึ้นมาใหม่ ดังนั้น แบบจำลองไม่เพียงแค่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเห็นภาพได้ชัดเจนเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างทฤษฎีใหม่เพื่อใช้อธิบายกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของสารได้ด้วย

2.3 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ถือเป็นการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เกิดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้พัฒนามาจากการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยรูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social Constructivism) เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น Discover learning (Bruner, 1966), Meaningful verbal learning (Ausubel, 1963) และ Conceptual learning (Posner, Strike, Hewson, Gertzog, 1982) ซึ่งทั้งหมดนี้มีแนวคิดที่คล้ายกันคือ การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในบุคคลเมื่อบุคคลนั้นได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทฤษฎีนี้เชื่อว่าบุคคลสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเกิดกระบวนการดูดซึม (assimilation) ประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างที่มีอยู่เดิม หากประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่จนเกิดเป็นภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) หรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) ผู้เรียนจะพยายามหาค้นหาคำตอบโดยนำแนวคิด ทฤษฎี จากประสบการณ์เดิมของตนมาสร้างคำทำนายหรือตั้งสมมติฐานเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งเมื่อค้นพบคำตอบแล้วประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจะทำให้ผู้เรียนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) แต่ถ้าประสบการณ์ใหม่นั้นตรงกันกับประสบการณ์เดิม ข้อมูลนั้นก็จะถูกดูดซึม (Assimilation) เข้าสู่ความเข้าใจใหม่ให้แก่ผู้เรียน

ดังนั้นประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้นาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ต่าง ๆ เข้ามา

2. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social Constructivism) เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจาก Vygotsky ได้เน้นเกี่ยวกับบริบทการเรียนรู้ทางสังคม (Social Context Learning) ซึ่งมีแนวคิดที่สำคัญที่ว่า “ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา”

รวมทั้งแนวคิดเกี่ยวกับ Zone of Proximal Development ถ้านักเรียนอยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal Development ก็จำเป็นที่จะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ที่เรียกว่า Scaffolding โดย Vygotsky เชื่อว่านักเรียนสร้างความรู้โดยผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ได้แก่ เด็ก ผู้ใหญ่ พ่อแม่ ครูและเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (Social Cultural Context)

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social Constructivism) เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ที่พบเห็นและโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม โดยอาศัยกระบวนการทางปัญญาซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการปรับเข้าสู่สภาวะสมดุล ส่วน Vygotsky เชื่อว่านักเรียนสร้างความรู้โดยผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น การช่วยเหลือด้วยการชี้แนะและการทำงานร่วมกับผู้อื่นจะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้

2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ถูกพัฒนาโดย Schwarz and Gwekwerere (2006) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสนับสนุนให้ครูมีส่วนร่วมกับนักเรียนในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมมุ่งเน้นที่การสร้างการใช้และแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) หมายถึง ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นนี้มีการดำเนินกิจกรรมได้แก่

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ได้แก่ การยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันแล้วถามคำถามที่เกี่ยวข้อง จากนั้นสุ่มตัวแทนนักเรียนเพื่อตอบคำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและความมุ่งมั่นในเรื่องที่เรียน รวมถึงนำนักเรียนไปสู่การตั้งประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

1.2 นักเรียนร่วมกันระดมความคิด ตั้งประเด็นปัญหาที่จะศึกษาเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบ

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) หมายถึง ขั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยการทำกิจกรรมดังนี้

2.1 นักเรียนภายในกลุ่มพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อช่วยกันระบุสมมติฐานจากปัญหาที่ร่วมกันตั้ง

2.2 นักเรียนแต่ละคนช่วยกันสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการสังเกต การทดลองและการศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) หมายถึง การนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการทำกิจกรรมดังนี้

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำเพื่อสื่อความหมาย

3.2 นักเรียนช่วยกันสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองที่กลุ่มตัวเองสร้างขึ้น

3.4 ครูตรวจสอบว่าการสร้างแบบจำลองนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่ โดยใช้การถามคำถาม

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) หมายถึง ขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม โดยการทำกิจกรรมดังนี้

4.1 นักเรียนนำความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมมาใช้อธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนด

4.2 นักเรียนแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น

4.3 นักเรียนควรได้เรียนรู้แบบร่วมมือภายในกลุ่มและร่วมอภิปรายเป็นกลุ่ม

Saribas and Gonca Akdemir (2018) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) หมายถึง ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาด้วยการทำกิจกรรมที่นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรม คำถามหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อนำนักเรียนไปสู่ขั้นต่อไป

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) หมายถึง ขั้นที่ให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบด้วยกิจกรรมที่ให้นักเรียนช่วยกันสืบค้น สำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) หมายถึง ขั้นสร้างแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและนำไปสู่ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย โดยครูมีการตรวจสอบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น รวมถึงให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรม

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) หมายถึง ขั้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม โดยนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่นภายในกลุ่ม

Lehmkuhl-Dakhwe (2018) ได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ไปประยุกต์ใช้ในวิชาสอนที่รวมวิชาคอมพิวเตอร์และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน ในขั้นตอน Engage-Investigate-Model นักเรียนมีส่วนร่วมและกระตุ้นความรู้เดิมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นรอบตัว และกำหนดแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับรูปแบบกระบวนการที่จะปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ นักเรียนจึงสามารถปรับปรุงแบบจำลองตามการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนในขั้น Apply นักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสื่อสารแนวคิดที่นักเรียนสนใจ เพื่อนำแบบจำลองไปตอบคำถามใหม่ ๆ และสามารถแสดงปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ โดยรายละเอียดประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นความรู้เดิมที่เคยเรียนมา รวมถึงแนะนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์และผู้สอนนำสถานการณ์หรือบริบทในชีวิตประจำวัน เรื่อง คลื่นมากระตุ้นความสนใจ เพื่อนำนักเรียนไปสู่การตั้งประเด็นปัญหา

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นขั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยกิจกรรม โดยมีการแบ่งกลุ่มให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณค่าที่แสดงลักษณะของสัญญาณ Analog และสัญญาณ Digital เพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่เป็นสัญญาณ Analog และสัญญาณ Digital กับเนื้อหา สถานการณ์หรือบริบทในชีวิตประจำวันเรื่อง คลื่น ที่ครูผู้สอนกำหนดให้

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) หมายถึง ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยกิจกรรมการป้อนรหัสและตรวจสอบรหัสเริ่มต้นในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะใช้สร้างแบบจำลองตัวอย่าง โดยเน้นองค์ประกอบที่แสดงแบบจำลองเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) หมายถึง ขั้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ในเรื่อง คลื่นมาปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งสามารถทำการปรับปรุง ขยายแบบจำลอง หรือพัฒนาแบบจำลองให้ดีขึ้นเพื่อตอบคำถามใหม่ ๆ และสามารถแสดงปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นนี้เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมที่มีความหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนเกิด

ความสนใจละมีความมุ่งมั่นในเรื่องที่จะเรียนเพื่อนำไปสู่การตั้งประเด็นปัญหาและนำไปสู่ขั้นสำรวจตรวจสอบ

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุสมมติฐานจากปัญหาที่ตั้งประเด็นและทำการสืบค้น สำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการสังเกต การทดลองและการศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) เป็นขั้นที่ให้แต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำและสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนำไปสู่สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมีการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุสมมติฐานจากปัญหาที่ตั้งขึ้นและทำการสืบค้น สำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการสังเกต การทดลองและการศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูลและสร้างแบบจำลองของกลุ่มเพื่อไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และมีการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้และแบบจำลองที่สร้างไปประยุกต์ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่

โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อนำความรู้ที่ได้จากจากสืบเสาะมาสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยในขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำและสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ ถือเป็นลักษณะเด่นของรูปแบบการเรียนการสอน

2.5 บทบาทครูผู้สอนและนักเรียน

Schwarz and Gwekwerere (2006) ได้กล่าวถึงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ของ Schwarz and Gwekwerere (2006)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ครูกำหนดสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากเรียนรู้ 2. ครูกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นอยากเรียนรู้ของผู้เรียนโดยการถามคำถาม	1. นักเรียนตั้งคำถามจากสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ครูกำหนดให้ 2. นักเรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา
ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบ สืบค้น รวบรวมข้อมูลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 2. ครูตั้งคำถามเจาะลึกประเด็นที่ต้องการศึกษาเพื่อช่วยในการศึกษาสำรวจ ตรวจสอบหรือการสังเกตของนักเรียนในกรณีที่จำเป็น	1. นักเรียนภายในกลุ่มพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อระบุสมมติจากปัญหาที่ตั้งขึ้น 2. นักเรียนในกลุ่มช่วยกันสืบค้นและรวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการสังเกต การทดลองและการศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 2. ครูตรวจสอบว่าการสร้างแบบจำลองนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่ 3. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการ	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำมาสร้างแบบจำลอง 2. นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น 3. นักเรียนช่วยกันปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของ Schwarz and Gwekwerere (2006) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่	
ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	1. ครูกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ 2. ครูให้นักเรียนใช้ข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่และถามคำถามว่านักเรียนเรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวความคิดอะไร ทำไมจึงคิดเช่นนั้น 3. ครูอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม	1. นักเรียนนำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ 2. นักเรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่เสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยการแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตัวเองเข้าใจกับสมาชิกภายในกลุ่ม

Lehmkuhl-Dakhwe (2018) ได้นำการจัดกิจกรรมเรียนตามรูปแบบ EIMA ไปประยุกต์ใช้ในวิชาสอนที่รวมวิชาคอมพิวเตอร์และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน ในขั้นตอน Engage-Investigate-Model ได้ให้รายละเอียดบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของ Lehmkuhl-Dakhwe (2018)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ครูกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจให้นักเรียนอยากเรียนรู้ 2. ครูแนะนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์	1. นักเรียนแสดงความสนใจในหัวข้อที่กำลังจะเรียน 2. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ตารางที่ 3 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของ Lehmkuhl-Dakhwe (2018) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	1. ครูถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่ากำลังตรวจสอบอะไร 2. ครูสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม 3. ครูเป็นที่ปรึกษาคอยอำนวยความสะดวกระหว่างที่นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูล	1. นักเรียนสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์ในการออกแบบวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ 2. นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ทำการรวบรวมได้ 3. นักเรียนนำข้อมูลหลักฐานที่รวบรวมได้มาจัดกระทำข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	1. ครูตรวจสอบรหัสที่นักเรียนป้อนลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมามีความถูกต้องตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ 2. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่	1. นักเรียนดำเนินการป้อนรหัสในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลอง 2. นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น 3. นักเรียนช่วยกันปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	1. ครูกำหนดสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม 2. ครูสังเกตพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม โดยให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมกันในการแสดงความคิดเห็น	1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ในเรื่องที่เรียนมาปรับปรุงหรือพัฒนาแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 3 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของ Lehmkuhl-Dakhwe (2018) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) (ต่อ)		2. นักเรียนแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับสมาชิกภายในกลุ่ม โดยใช้แบบจำลอง หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) ได้กล่าวว่า บทบาทของครูและนักเรียนเป็นสิ่งที่กำหนดหน้าที่ของแต่ละบุคคลในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน โดยบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับหัวข้อที่กำลังเรียน 2. ครูกำหนดสถานการณ์หรือนำเสนอสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนอาจเป็นภาพ วิดิโอหรือสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อสร้างแรงจูงใจ 3. ครูกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนโดยการถามคำถาม	1. นักเรียนตั้งคำถาม โดยใช้คำถามอย่างไร ทำไม เพราะเหตุใด เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ ข้อมูลอะไรที่สามารถหาเพิ่มเติมเพื่อศึกษาเรื่องนี้ 2. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา

ตารางที่ 4 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบ สืบค้น รวบรวมข้อมูลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 2. ครูสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม 3. ครูสังเกตและฟังขณะที่นักเรียนทำงานและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น 4. ครูตั้งคำถามเจาะลึกประเด็นที่ต้องการศึกษาเพื่อช่วยในการศึกษาสำรวจ ตรวจสอบ หรือการสังเกตของนักเรียนในกรณีที่จำเป็น	1. นักเรียนสามารถสร้างคำทำนาย หรือสมมติฐานใหม่ 2. นักเรียนออกแบบวิธีการสำรวจ ตรวจสอบและอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการนั้นกับเพื่อนในกลุ่ม 3. นักเรียนดำเนินการทดสอบสมมติฐาน 4. นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	1. ครูให้นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง 2. ครูตั้งคำถามเจาะลึกประเด็นที่ศึกษาเพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน 3. ครูตรวจสอบว่าการสร้างแบบจำลองนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่ 4. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูล 2. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำมาสร้างแบบจำลอง 3. นักเรียนนำหลักฐานที่รวบรวมมาใช้เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) (ต่อ)	สามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่	4. นักเรียนช่วยกันปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น 5. นักเรียนนำแบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	1. ครูจัดเตรียมประสบการณ์สถานการณ์หรือปัญหาใหม่ 2. ครูกระตุ้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่ได้เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 3. ครูให้นักเรียนใช้ข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่และถามคำถามว่านักเรียนเรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวความคิดอะไร ทำไมจึงคิดเช่นนั้น 4. ครูให้นักเรียนใช้คำจำกัดความ และคำอธิบายที่ได้เรียนรู้ใหม่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่	1. นักเรียนนำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ 2. นักเรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่เสนอแนวทางแก้ปัญหา การตัดสินใจหรือออกแบบการทดลอง 3. นักเรียนลงข้อสรุปที่เป็นเหตุเป็นผลจากหลักฐานหรือข้อมูล

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน และได้กล่าวถึงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับหัวข้อที่กำลังเรียน 2. ครูกำหนดสถานการณ์หรือนำเสนอสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียน อาจเป็นภาพ วิดิโอหรือสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อสร้างแรงจูงใจ 3. ครูกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนโดยการถามคำถาม	1. นักเรียนตั้งคำถาม โดยใช้คำถามอย่างไร ทำไม เพราะเหตุใด เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ ข้อมูลอะไรที่สามารถหาเพิ่มเติมเพื่อศึกษาเรื่องนี้ 2. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา
ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	1. ครูถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่ากำลังตรวจสอบอะไร 2. ครูสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม 3. ครูเป็นที่ปรึกษา คอยอำนวยความสะดวกระหว่างที่นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูล	1. นักเรียนสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์ในการออกแบบวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ 2. นักเรียนดำเนินการทดสอบสมมติฐาน 3. นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	1. ครูให้นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง 2. ครูตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนแสดงหลักฐานและสร้างความกระจ่างกับสิ่งที่สำรวจหรือค้นหา 3. ครูตรวจสอบว่าการสร้างแบบจำลองนั้นมีความเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สืบค้นได้หรือไม่	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูล 2. นักเรียนสร้างแบบจำลองของกลุ่มเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงบทบาทของครู-นักเรียนในการจัดการเรียนตามรูปแบบ EIMA ของสุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) (ต่อ)		3. นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่ออภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับหลักฐานที่รวบรวมมาใช้เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น
ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	1. ครูจัดเตรียมประสบการณ์สถานการณ์หรือปัญหาใหม่ 2. ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดกันภายในกลุ่ม โดยใช้แบบจำลอง หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่	1. นักเรียนนำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ 2. นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่นโดยใช้แบบจำลอง หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่ 3. นักเรียนรับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนในกลุ่ม

จากการศึกษาบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ใน 4 ขั้นตอนที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ นักเรียนอาจสนใจในวัตถุสิ่งของ ปัญหา เหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่าง ๆ การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอาจทำได้โดยการถามคำถาม การแสดงสถานการณ์ที่ทำให้เห็นปัญหา โดยครูมีบทบาทสำคัญในการกำหนดสถานการณ์และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาได้ นอกจากนี้การออกแบบกิจกรรมในขั้นนี้ไม่ควรใช้เวลานานและยากเกินไป ควรเป็นการจัดกิจกรรมที่ใช้เวลาสั้น ๆ และไม่ยากเกินความสามารถของนักเรียน

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือเป็นพี่เลี้ยง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุสมมติฐานจากปัญหาที่และทำการสืบค้น สำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต ทดลองและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วจดบันทึกลงในสมุด นอกจากนี้ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเพิ่มโอกาสในการสร้างปฏิสัมพันธ์ อภิปรายและโต้แย้งภายในกลุ่มเพื่อเป็นการเสริมสร้างแนวคิดให้กับนักเรียน

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนมีบทบาทสำคัญในการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ และกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงความเชื่อมโยงของหลักฐานและแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ บทบาทของครูคือ กำหนดสถานการณ์ปรากฏการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม จากนั้นนักเรียนมีหน้าที่นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นหลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่มาใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดให้ โดยนักเรียนสามารถปรึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่มได้

2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

2.6.1 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

Schwarz and Gwekwerere (2006) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ EIMA ไว้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างองค์ความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านวิธีสืบเสาะหาความรู้และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เชื่อมโยงสู่สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

2. การสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

3. นักเรียนสามารถจำความรู้ได้นานและสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. นักเรียนมีสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างหลากหลาย โดยไม่จำเป็นต้องอธิบายด้วยการเขียนบรรยายเพียงอย่างเดียว

5. การใช้คำถามเพื่อถามกระตุ้นในการจัดการเรียนการสอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียน และสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้ดีขึ้น

6. นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

Schwarz (2009) ได้กล่าวถึงข้อดีของรูปแบบ EIMA ไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในขั้นสร้างความสนใจ โดยครูผู้สอนใช้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและใช้กิจกรรมกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียน

2. ในขั้นสำรวจตรวจสอบนักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวกับหัวข้อ ปรากฏการณ์หรือแนวคิด และนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลให้เป็นแบบแผน

3. นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์หรือคำอธิบาย (คำอธิบายนั้นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามที่สร้างขึ้นจากแบบจำลอง โดยมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงคำกล่าวอ้างนั้น) และการเปรียบเทียบแบบจำลองและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

4. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ และรูปแบบการเรียนการสอน EIMA ยังเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการทำงานเป็นกลุ่มและส่งเสริมการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองหาคำตอบ

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบ EIMA ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้พัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนในการเรียนเรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวันได้ดังนี้

1. นักเรียนได้ฝึกทักษะการตั้งคำถามและการคาดคะเนคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยมีการกระตุ้นความสนใจผ่านการใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและมุ่งมั่นในการค้นหาคำตอบที่สงสัย

2. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง การออกแบบวางแผน การสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเพื่อนำมาจัดกระทำข้อมูลให้เกิดความถูกต้อง ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นที่จัดเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ นอกจากนี้การทำงานกลุ่มโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการเลือกกลุ่มด้วยตนเองจะช่วยให้นักเรียนสามารถทำงานได้อย่างเต็มศักยภาพ

3. นักเรียนสร้างมโนทัศน์ใหม่ โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จะเห็นได้จากการที่นักเรียนศึกษากระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนและหาวิธีการนำเสนอแบบจำลองเพื่ออธิบายความรู้ให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ โดยนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาจัดกระทำข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลที่ลงมือได้ทำผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบนำไปสู่การลงข้อสรุป ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน

2.6.2 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

ข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA นั้น Schwarz and Gwekwerere (2006) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดไว้ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอน ครูจะต้องช่วยเสริมแรงนักเรียนเพื่อการสืบค้นและสร้างแบบจำลองโดยการตั้งคำถาม หากเป็นคำถามที่ไม่มีคุณภาพหรือไม่ตรงประเด็นจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและดำเนินการสืบค้นผิดพลาด

2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน หากครูไม่เข้าใจในรูปแบบการเรียนการสอนจะทำให้เกิด การผิดพลาดในการจัดกิจกรรมและทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายโดยการสร้างแบบจำลอง

Schwarz (2009) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ไว้ คือ ครูผู้สอนต้องสามารถตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้ โดยคำถามที่ตั้งขึ้นต้องมีความน่าสนใจเพื่อนำไปสู่การค้นหาความรู้ที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ รวมถึงคำถามที่ตั้งขึ้นนั้นจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สอน นอกจากนี้ครูผู้สอนต้องมีความเข้าใจในการออกแบบแผนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปตามขั้นตอนที่ควรจะเป็น

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการใช้รูปแบบ EIMA ว่าโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาในตอนแรกจะมีทั้งความคิดที่สอดคล้องและความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในขั้นตอนการจัดกิจกรรมไม่มีขั้นให้นักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลอง ดังนั้นในขั้นสร้างแบบจำลองครูผู้สอนจะต้องใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปรายและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้อง โดยอาจใช้กิจกรรมอื่น ๆ มาช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลอง เช่น กิจกรรมลงมือปฏิบัติ การอุปมาอุปไมย

การสร้างภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์ จนทำให้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่ถูกต้องได้

จะเห็นได้ว่าข้อดีของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ก็คือ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองรวมถึงฝึกการทักษะทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ส่วนข้อจำกัด คือ การที่ครูผู้สอนใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นในการจัดกิจกรรมนั้นจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นหาความรู้หรือข้อสงสัยจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่ถ้าคำถามที่ใช้นั้นไม่มีคุณภาพหรือไม่ตรงประเด็นจะทำให้นักเรียนไม่สามารถดำเนินการสืบค้นได้ตรงกรอบเป้าหมายที่ครูผู้สอนกำหนด และในการสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นครูผู้สอนต้องมีการกำหนดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจนสามารถนำไปอธิบายแนวคิดที่ถูกต้อง

3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Driver, Newton and Osborne (2000) ได้ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การสร้างคำอธิบายเป็นความสามารถที่จะอธิบายจากการตีความของหลักฐานหรือข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้และการประเมินคุณค่าของข้อกล่าวอ้าง

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นการให้คำอธิบายสำหรับการเกิดปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ร่วมกับการใช้หลักฐานที่เกี่ยวข้องและการให้เหตุผลเพื่อนำมาสนับสนุนการอธิบายนั้น ๆ

Zangori and Forbes (2014) กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการระบุเอกลักษณ์ของกลไกหรือวิธีการทำงานที่อยู่ภายใต้สาเหตุที่สังเกตได้หรือผลกระทบที่เกิดขึ้น หรือเป็นกระบวนการที่เป็นสาเหตุนำมาซึ่งผลที่เกิดขึ้น

Brigandt (2016) กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการอธิบายเพื่อสนับสนุน ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สามารถเชื่อถือได้เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดย การรวบรวมหลักฐานและการสร้างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานที่รวบรวมได้ โดยการอธิบายนั้นเป็นการบรรยายเพื่ออธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

Andrade, Freire, and Mónica Baptista (2016) กล่าวว่าการอธิบายเป็นความต้องการที่จะให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะเข้าใจวิธีการและความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาสรุปถึงสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้และเพื่อสร้างความสัมพันธ์เชิง

ตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลของการแสดงออกของสิ่งที่ต่าง ๆ ในแต่ละระดับ (ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์)

สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่แสดงถึงความหมาย อธิบายหรือการกล่าวอ้างในบริบททางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะบ่งชี้ คือ ต้องเป็นคำอธิบายที่ถูกต้อง สะท้อนผลจากการสังเกต การทดลองและเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์

อรณิชา หงษ์เกิด (2561) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการใช้เหตุผลเชิงตรรกะเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรายงานผลหรือการสื่อความหมายโดยมีการเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และสิ่งที่เห็นประจักษ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผล ซึ่งข้อมูลอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผลของวิทยาศาสตร์

บรรณรักษ์ คุ้มรักษา (ม.ป.ป.) กล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและหลักฐานจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปรากฏการณ์ เรื่อง กรด-เบส โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจและอธิบายถึงวิธีการและความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำกล่าวอ้างที่เชื่อถือได้

3.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับ

(2) หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม คัดเลือกเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการอธิบาย โดยการให้เหตุผลที่เป็นตรรกะสำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการอธิบาย

BSCS Center for Professional Development (2008) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ข้อยืนยันหรือข้อสรุปซึ่งใช้ในการตอบคำถาม

(2) หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยจะต้องเป็นข้อมูลที่มีความเหมาะสมและเพียงพอ ซึ่งได้มาจากการตรวจสอบหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เช่น การสังเกต การอ่านเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ผลจากการทดลอง เป็นต้น

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทำไมหลักฐานที่มีถึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเข้ามาช่วยอธิบาย

McNeill and Krajcik (2008) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับ

(2) หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลที่ใช้ในกับสนันสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) การให้เหตุผลที่สร้างขึ้นมาจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

Yao and Guo (2017) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ปรากฏการณ์ (Phenomenon) เป็นปรากฏการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่เป็นจริง ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่หลากหลายซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน

(2) ทฤษฎี (Theory) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กฎ ทฤษฎีหรือหลักการซึ่งผ่านกระบวนการวิเคราะห์ถึงบริบทที่เกี่ยวข้อง

(3) ข้อมูล (Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งถูกเลือกมาจากชุดข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องและข้อมูลไม่เกี่ยวข้อง

(4) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงที่เป็นเหตุเป็นผล หรือแสดงถึง กลไกซึ่งเชื่อมต่อระหว่างปรากฏการณ์ หลักฐานหรือข้อมูล ทฤษฎี ผ่านการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

Andrade, Freire and Baptista (2016) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) การบรรยายความเข้าใจของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ หรือที่เกี่ยวกับผลที่ได้จากการตรวจพิสูจน์

(2) หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้คำอธิบายเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของการศึกษาปรากฏการณ์

(2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

จงกล บุญรอด (2558) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือข้อสรุปเบื้องต้นของคำถามที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา

(2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การสังเกตหรือการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

กฤตกร สภาสันติกุล (2559) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อความที่ยืนยันหรือเป็นข้อสรุปของข้อคำถาม

(2) หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง สิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่เลือกใช้องค์ประกอบที่ส่งเสริมให้เกิดการสร้างคำอธิบายที่มีสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ได้แก่ องค์ประกอบของข้อกล่าวอ้าง องค์ประกอบของหลักฐานและองค์ประกอบของการให้เหตุผล สำหรับหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากรูปแบบของ McNeill (2006) ซึ่งเป็นรูปแบบที่เชื่อมโยงกับการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ยังเป็นรูปแบบที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้เช่นเดียวกับการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ในการค้นหาข้อเท็จจริงของปรกฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสร้างความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยผู้วิจัยได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อสรุปหรือข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์สถานการณ์หรือคำถามการทดลอง

(2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เก็บรวบรวมจากการทำปฏิบัติการทดลองหรือการสืบเสาะหาความรู้ โดยนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งเป็นตรรกะที่ใช้สำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวทางการวัดและการประเมินผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะเป็นการประเมินโดยการใช้แบบทดสอบความเรียง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ลักษณะของแบบวัดวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมิน

3.3.1 ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeil and Krajcik (2006) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 เรื่อง เรื่องละ 1 ข้อ โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Explanation Items) ได้แก่ สารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมีและการอนุรักษ์มวล โดยสองเรื่องแรกให้ตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์ ส่วนเรื่องที่สามให้ภาพการทดลองเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

Sampson and Clark (2009) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3 เรื่อง จำนวน 2 ข้อ ใช้ข้อ

คำถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Explanation Items) ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน สมดุลความร้อนและการนำความร้อน โดยมีภาพการ ทดลองและตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ข้อสอบที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้าง คำอธิบาย มีข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนดซึ่งอาจอยู่ในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ หรือภาพการทดลอง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ข้อมูลในการอ้างอิงในการสร้างคำอธิบายและมีคำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับอะไร ส่วนจำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบ

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการอธิบายโดยจุดประสงค์ที่ชัดเจนและมีข้อมูลที่เป็นหลักฐานประกอบอยู่ในแบบวัด เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพ เพื่อให้นักเรียนได้มีการอธิบายคำตอบโดยเชื่อมโยงสอดคล้องกับข้อมูลและหลักฐาน ซึ่งจำนวนข้อสอบและระยะเวลาในการทำขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบและความสามารถของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะ เป็นสถานการณ์โดยการใช้ข้อคำถามปลายเปิด มีคำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับอะไร จากนั้นนักเรียนให้เหตุผลโดยเชื่อมโยงให้สอดคล้องกับ ข้อมูลและหลักฐานซึ่งจำนวนข้อสอบและระยะเวลาในการทำขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบโดยต้องออกข้อสอบให้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่เรียนและคำนึงถึงความสามารถของนักเรียน

3.3.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐานและ (3) การให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินแบบรูบริกส์ (Scoring rubrics) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Moji et al. (2004) ได้นำเสนอแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดตัวบ่งชี้คุณภาพของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5 ตัวบ่งชี้แล้วนำมากำหนดเป็นรายการประเมินและนำมาใช้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ 3 ระดับ ได้แก่

ตารางที่ 6 แสดงเกณฑ์การให้ความสามารถในคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Moji et al., 2004)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
1) สร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปัญหาที่ศึกษา	ไม่มีข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างบางส่วนแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจ โดยข้อกล่าวอ้างอาจประกอบด้วยรายละเอียดที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง หรือขารายละเอียดที่สำคัญ	ข้อกล่าวอ้างถูกต้อง
2) เตรียมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	มีหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่หลักฐานที่ใช้นั้นอาจยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้อง และไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานที่ถูฏต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3) ให้เหตุผลเพื่อแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ขาดการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลแต่ไม่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	มีการให้เหตุผล แต่บางเหตุผลที่นำมาใช้ยังไม่แสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลนั้นยังไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยการใช้คำที่เชื่อมโยง เช่น “เพราะ” “ดังนั้น” “ด้วยเหตุนี้” เพื่อแสดงการเชื่อมโยงที่ต่อเนื่อง

ตารางที่ 6 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Moji et al., 2004) (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
4) ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน	ไม่ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่ไม่ถูกต้องและขาดความชัดเจน	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจน
5) เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน	เขียนคำอธิบายไม่ชัดเจน ไม่แสดงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน มีเพียงรายละเอียดบริบทที่จำเป็นหรือประกอบด้วยรายละเอียดของบริบทที่จำเป็นและไม่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์หรือปัญหา โดยแสดงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น

McNeill et al. (2006) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ 0-5 คะแนน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (McNeill et al., 2006)

ระดับคะแนนความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับคะแนนความสามารถ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อสรุปที่มากเกินไป และไม่สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNeill and Krajcik (2008) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ตั้งแต่ 0-2 คะแนน และได้แบ่งประเด็นการให้คะแนนเป็น 3 ด้าน ตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008)

องค์ประกอบ	**เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**		
	0	**1**	**2**
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถาม	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐาน แต่หลักฐานไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและมีการระบุหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและหลักฐานพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานหรือระบุเหตุผลที่สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายประกอบ	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้ดัดแปลงรูปแบบเกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมทั้งมีการระบุข้อบ่งชี้การให้คะแนนในระดับต่าง ๆ ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสันติชัย อนุวรชัย ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2006)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่กระชับและไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน	ไม่สามารถระบุหลักฐานเชิงประจักษ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง	สามารถระบุหลักฐานเชิงประจักษ์หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	สามารถระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
การให้เหตุผล	ไม่สามารถเขียนหรือเขียนข้อความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องไม่ครบถ้วน	สามารถเขียนข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	สามารถเขียนข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

กฤตกร สภาสันติกุล (2559) ได้ดัดแปลงรูปแบบเกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมทั้งมีการระบุข้อบ่งชี้การให้คะแนนในระดับต่าง ๆ ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกฤตกร สภาสันติกุล ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่สามารถสรุปได้หรือสรุปได้ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป
การให้เหตุผล	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้บางส่วนรวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

จากการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลจากความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ในการในการตอบคำถามนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยจัดจำแนกความสามารถตามความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงสรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถาม	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์
หลักฐาน	ระบุหลักฐานไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างรวมทั้งไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ตารางที่ 11 แสดงสรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานหรือมีการระบุเหตุผลที่สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายประกอบ	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

4. การคิดวิเคราะห์

4.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายหรือนิยามของการคิดวิเคราะห์ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Dewey (1933 อ้างถึงใน ชำนาญ เอี่ยมสำอาง 2539) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรองโดยอธิบายขอบเขตการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งอยากและสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

Bloom (1956) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไรมีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร

Good (1973) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

Marzano (2001) กล่าวว่าการคิดวิเคราะห์ ต้องใช้เหตุผล คิดอย่างลึกซึ้งและหลากหลาย มีการคิดโดยพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนและต้องมีเหตุผล สามารถระบุความเหมือนหรือความแตกต่าง สามารถจัดลำดับ จัดหมวดหมู่หรือจัดประเภทของความรู้ของสิ่งต่าง ๆ ได้ ระบุเหตุผล

ของการเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูล สามารถตีความหรือบอกหลักเกณฑ์พื้นฐานของความรู้ ระบุเจาะจงหรือสรุปอย่างมีเหตุผล จนสามารถเกิดเป็นความรู้ใหม่ได้

สุวิทย์ มูลคำ (2550) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

บุญชม ศรีสะอาด (2554) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวใด ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นประกอบกันอยู่เช่นไร แต่ละสิ่งคืออะไร มีความเกี่ยวพันกันอย่างไร สิ่งใดสำคัญมากน้อย

กฤติยา จงรักษ์ (2559) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนสามารถจำแนก แยกองค์ประกอบเรื่องราวเป็นส่วนย่อย ๆ ได้และบอกได้ว่าเรื่องราวที่เกิดขึ้นเกิดจากอะไร มีส่วนประกอบอะไรบ้างที่ทำให้เกิดเรื่องราวเหล่านี้ขึ้นมาได้ เพื่อพยายามค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งเหล่านั้นที่เกิดขึ้นเสียก่อนโดยไม่ด่วนสรุปทันที

โสภิดา มะลิซ้อน (2561) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล สามารถทำความเข้าใจในประเด็นสำคัญและนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์จัดหมวดหมู่อย่างมีหลักการเพื่อหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่และสามารถคาดการณ์ ผลที่จะเกิดขึ้นบนพื้นฐานของข้อมูล

พัชรี นาคผง (2564) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถที่ระบุหาความสำคัญ ความสัมพันธ์และวิเคราะห์หลักการของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์หรือเรื่องราวเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในเรื่องใดเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การพิจารณาแยกแยะข้อมูลหรือสิ่งของ โดยอาศัยข้อมูล เรื่องราวหรือสถานการณ์ต่าง ๆ บนพื้นฐานความรู้เดิม ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดหมวดหมู่เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ องค์ประกอบหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ โดยสามารถอธิบายตีความสิ่งที่เห็นหรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไรโดยอาศัยของเหตุผล หลักฐานหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือมายืนยันเพื่อให้เกิดความเข้าใจในข้อมูลนั้นอย่างแท้จริง

4.2 ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์

Bloom (1956) กล่าวว่า ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งอธิบายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นถือเป็นความสามารถทางสติปัญญาที่จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ก่อนนำไปสู่การตัดสินใจ

Burton and Haslett (2006) กล่าวถึงความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดขั้นพื้นฐานที่นำไปสู่การคิดสังเคราะห์หรือการคิดเชิงระบบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

Science Buddies (2011) อธิบายความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนการตั้งสมมติฐานที่ปรากฏในวิธีการทางวิทยาศาสตร์สำหรับใช้จำแนกสมมติฐานว่าถูกต้องและเหมาะสมกับบริบทนั้น ๆ

Sternberg (อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) กล่าวไว้ว่าบุคคลที่เฉลียวฉลาดนั้นต้องประกอบไปด้วยความฉลาดในการวิเคราะห์ เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญา การส่งเสริมให้บุคคลมีความสามารถในการวิเคราะห์ จึงเป็นการส่งเสริมความสามารถด้านสติปัญญาด้วย นอกจากนี้การวิเคราะห์ยังเป็นพื้นฐานของการคิดสร้างสรรค์ กล่าวคือบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ควรมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้และการดำเนินชีวิต บุคคลที่มีสามารถคิดวิเคราะห์ได้จะมีความสามารถด้านอื่น ๆ เหนือกว่าบุคคลอื่นทั้งทางด้านสติปัญญาและการดำเนินชีวิต การคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานของการคิด เป็นทักษะที่ทุกคนสามารถพัฒนาได้ซึ่งประกอบด้วยทักษะที่สำคัญคือ การสังเกต การเปรียบเทียบ การคาดคะเนและการประยุกต์ใช้ การประเมิน การจำแนกประเภท การจัดหมวดหมู่ การสันนิษฐาน การสรุปผลเชิงเหตุผล การศึกษาหลักการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจด้วยเหตุผลทักษะการคิดวิเคราะห์จึงเป็นทักษะการคิดระดับสูงที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการคิดทั้งมวลทั้งการคิดวิจารณญาณและการคิดแก้ปัญหา

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการวิเคราะห์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพิจารณาความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลไม่ใช้ประสบการณ์ส่วนตัวเป็นแนวคิดหลักในการสร้างข้อมูล ซึ่งการวิเคราะห์เป็นพื้นฐานในการคิดด้านอื่น ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดสังเคราะห์และการคิดเชิงระบบ ทำให้ทราบว่าปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับปัจจัยใดบ้างและปัจจัยใดคือสาเหตุของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็น

4.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัย ดังนี้

4.3.1 ทฤษฎีการคิดของบลูม (Bloom's taxonomy)

ในปี ค.ศ. 1956 บลูมและคณะ ได้พัฒนากรอบทฤษฎีที่ใช้เป็นเครื่องมือการจัดประเภทพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกทางปัญญาและการคิดอันเป็นผลมาจากประสบการณ์การศึกษา เรียกว่า Blooms taxonomy ซึ่งกำหนดไว้ 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะทางกาย (Psychomotor domain) ในการออกแบบหลักสูตรการจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ก็ได้อาศัยกรอบทฤษฎีดังกล่าวนี้ ซึ่งพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยถูกนำไปใช้มากที่สุด

โสภิตา เสนาะจิต (2560) ได้กล่าวถึงพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นพฤติกรรมด้านสมองเกี่ยวกับสติปัญญา ความคิด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1. ความรู้ (Knowledge) ความสามารถในการจดจำแนกประสบการณ์ต่าง ๆ และระลึกเรื่องราวนั้น ๆ ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) ความสามารถบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความหลัก ตีความได้ สรุปใจความสำคัญได้

3. การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) ความสามารถในการนำหลักการกฎเกณฑ์และวิธีดำเนินการต่าง ๆ ของเรื่องที่ได้รู้ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันโดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

6. การประเมินค่า (Evaluation) ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสิน กระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไปการประเมินเกี่ยวข้องกับการใช้เกณฑ์คือมาตรฐานในการวัดที่กำหนด

โดยบลูมและคณะได้เสนอกรอบการคิดออกเป็น 2 ระดับ คือ พัฒนาความคิดระดับต่ำ (Lower order thinking skills) และการพัฒนาความคิดระดับสูง (Higher order thinking skills) มีรายละเอียดดังนี้

1. พัฒนาความคิดระดับต่ำ (Lower order thinking skills) ประกอบด้วย

ระดับ 1 : ความรู้ (Knowledge)

ระดับ 2 : ความเข้าใจ (Comprehension)

ระดับ 3 : นำไปใช้ การประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ (Application)

2. การพัฒนาความคิดระดับสูง (Higher order thinking skills) ประกอบด้วย

ระดับ 4 : การวิเคราะห์ (Analysis) ระบุความสัมพันธ์และเหตุจูงใจ

ระดับ 5 : การสังเคราะห์ (Synthesis) การเชื่อมโยงข้อเท็จจริงโดย เหตุผลหรือรูปแบบใหม่

ระดับ 6 : การประเมิน (evaluation) ใช้เกณฑ์และสถานการณ์เพื่อวินิจฉัยและการตัดสินผล

การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ จะต้องสามารถวิเคราะห์เข้าใจในสถานการณ์ใหม่หรือข้อความจริงใหม่ได้ ดังนั้นการจะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในระดับใดหรือหลายระดับนั้น ขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่เป็นองค์ความรู้ อาจต้องผสานข้อมูลความรู้ในลักษณะรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดจำพวก การแปล การตีความ การประยุกต์ การวิเคราะห์ส่วนย่อยและความสัมพันธ์เพื่อการสร้างความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้สู่การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิเคราะห์จะส่งผลให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ในเชิงสร้างสรรค์ เพราะเป็นการพัฒนาความสามารถในระดับการมีเหตุผลและเป็นการเรียนรู้ที่คงทนของแต่ละบุคคลแม้จะจำรายละเอียดของความรู้ไม่ได้ นักเรียนจึงต้องเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์และภายใต้สภาวะใดที่ต้องนำความสามารถด้านการวิเคราะห์มาใช้ Bloom et al. (1971) กล่าวว่าทักษะการคิดวิเคราะห์มี 3 ลักษณะ คือ

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element) หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผลซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย “การวิเคราะห์ชนิด” เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งนั้นหรือเหตุการณ์นั้นจัดเป็นชนิดหรือลักษณะใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น “การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ” เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญหรือไม่สำคัญ การค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่นหรือจุดด้อยของสิ่งต่างๆ และ “วิเคราะห์เลศนัย” เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งแอบแฝงหรืออยู่ เบื้องหลังของสิ่งที่เห็นอาจไม่ได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความเป็นจริงซ้อนอยู่

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) หมายถึง การค้นหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มีความเกี่ยวพันสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ได้แก่ วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ วิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ วิเคราะห์สาเหตุของความสัมพันธ์และวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย

3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of organizational principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างระบบและสิ่งของเรื่องราวและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้น รวมกัน

จนดำรงสภาพเช่นนั้นได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคหรือยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดถือหลักการใด การวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การจะวิเคราะห์ได้ดีจะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถสรุปเป็น หลักการได้ประกอบด้วย “วิเคราะห์โครงสร้าง” เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่ง “วิเคราะห์หลักการ” เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปหลักการเป็นคำตอบได้

4.3.2 ทฤษฎีการคิดของมาร์ชาโน (Marzano's Taxonomy)

Robert Marzano นักวิจัยทางการศึกษาได้พัฒนาข้อจำกัดของวัตถุประสงค์ของบลูมที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย รูปแบบทักษะการคิดจะผนวกกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกับการคิดของผู้เรียนซึ่งทั้งหมดสำคัญสำหรับการคิดและการเรียนรู้ Marzano (2001) อธิบายว่า รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตนหรือระบบตนเอง (Self - system) เป็นความเชื่อเกี่ยวกับความสำคัญของความรู้ ประสิทธิภาพและความรู้สึกที่เกี่ยวพันกับความรู้ ระบบบูรณา การหรือระบบอภิปัญญา (Metacognitive system) เป็นการมีเป้าหมายการเรียนรู้ มีการนำความรู้ไปใช้ด้วยความชัดเจนและถูกต้อง ระบบสติปัญญาหรือระบบความรู้ (Cognitive system) ประกอบด้วยการเรียกใช้ความรู้โดยการทบทวน ทวนซ้ำ การนำไปปฏิบัติ ความเข้าใจในความรู้การสังเคราะห์หรือเลือกใช้ความรู้ การวิเคราะห์โดยสามารถจับคู่ความสัมพันธ์แยกแยะเป็นหมวดหมู่ หรือวิเคราะห์ข้อผิดพลาด การกำหนดกฎเกณฑ์ทั่วไปและเฉพาะเจาะจง ได้และการนำความรู้ไปใช้ในการตัดสินในการแก้ปัญหาและทำการสำรวจสืบค้นจากการทดลองพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนตามทฤษฎีการคิดของมาร์ชาโนนั้น เมื่อพบเจอกับสถานการณ์หรือภาระงานใหม่ ระบบแห่งตนจะตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อระบบแห่งตนรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ ระบบบูรณาการจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น โดยการออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อการบรรลุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำกับข้อมูลที่จำเป็นในลักษณะของการวิเคราะห์ ดังนั้นปริมาณความรู้ของนักเรียนแต่ละคนจึงมีผลต่อความสำเร็จอย่างสูงในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ซึ่งความรู้ใหม่สามารถต่อยอดจากความรู้เดิมได้อย่างกว้างขวาง การพัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษารูปแบบใหม่ (The New Taxonomy of Educational Objectives) ประกอบด้วยความรู้ 3 ประเภทและกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูล เน้นการจัดระบบความคิดเห็นจากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยาก เป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับของเหตุการณ์ ความสมเหตุสมผลเฉพาะเรื่องและหลักการ

2. กระบวนการ เน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้

3. ทักษะเน้นการเรียนรู้ที่ใช้ระบบโครงสร้างกล้ามเนื้อจากทักษะที่ง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น โดยมีกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ขั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิม รับข้อมูลใหม่และเก็บเป็นคลังข้อมูลไว้ เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความจำถาวรสู่ความจำ นำไปใช้ในการปฏิบัติการโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างความรู้นั้น

ระดับที่ 2 ขั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้ สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้นั้นโดยเข้าใจประเด็นความสำคัญ

ระดับที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความต่างอย่างมีหลักการ การจัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 ขั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างและการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ขั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดการกำกับติดตามการเรียนรู้และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ขั้นจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อสภาวการณ์เรียนรู้และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งความตระหนักในความสามารถของการเรียนรู้ที่ตนมี

ตามแนวคิดของ Marzano พบว่า การคิดวิเคราะห์ซับซ้อนมากกว่าความเข้าใจ เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เหตุผลในการคิดอย่างลึกซึ้งและหลากหลาย มีการคิดโดยพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนและต้องมีเหตุผล สามารถระบุความเหมือนหรือความแตกต่างอย่างมีหลักการสามารถจัดลำดับจัดหมวดหมู่ หรือจัดประเภทของความรู้ของสิ่งต่าง ๆ ระบุเหตุผลของการเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูล สามารถตีความหรือบอกหลักเกณฑ์พื้นฐานของความรู้ ระบุ เจาะจงหรือสรุปอย่างมีเหตุผลจนสามารถเกิดเป็นความรู้ใหม่ได้และนำหลักการเพื่อประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้พื้นฐานของความรู้ การคิดวิเคราะห์จะประกอบด้วย ความสามารถ 5 ด้าน คือ

ด้านที่ 1 การจัดจำแนกเปรียบเทียบ (Matching) คือ ความสามารถในการสังเกตและจำแนกแยกแยะรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เหมือนหรือแตกต่างกันออกเป็นส่วน ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์และเข้าใจง่าย แล้วเปรียบเทียบ ระบุ ยกตัวอย่าง ระบุลักษณะความเหมือนความ

ต่างและจัดกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ได้ โดยเริ่มจากระดับความง่ายแบบนามธรรมไปสู่ขั้นซับซ้อนที่เป็นนามธรรม ดังนี้

1) การบอกสิ่งที่ต้องการจะวิเคราะห์

2) ระบุลักษณะหรือคุณสมบัติเพื่อจำแนกหรือแยกแยะสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

3) ระบุว่าได้ว่าสิ่งนั้นๆ เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

4) สรุปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมว่าสิ่งต่าง ๆ มีความเหมือนและแตกต่างกัน

ด้านที่ 2 การจัดกลุ่ม (Classification) คือ ความสามารถในการใช้ ความรู้เพื่อการจัดกลุ่ม จัดลำดับ จัดประเภทของสิ่งต่างๆ โดยใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติ ของสิ่งนั้น ๆ อย่างมีหลักการหรือหลักเกณฑ์

ด้านที่ 3 การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error analysis) คือ ความสามารถในการระบุข้อผิดพลาดหรือความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ โดยโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล ระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ การใช้ความรู้เดิมผสมผสานกับความรู้ใหม่ไปสู่การสรุปและยกตัวอย่างประกอบได้อย่างมีเหตุผลจากความรู้ที่มีอยู่เดิม มีข้อมูลหรือหลักฐานในการสนับสนุนจนพิจารณาได้ว่าเป็นจริง โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1) ความรู้เดิมเป็นความรู้ที่ถูกต้องและเป็นจริงมีการยอมรับกันทั่วไป

2) ความรู้จากผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญ

3) ความรู้จากหลักฐานที่มีอยู่เป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือ สามารถหาข้อมูลมาสนับสนุนความคิด

4) ข้อมูลได้รับการพิสูจน์หรือทดลองใช้แล้วเป็นจริง

5) ข้อมูลอื่น ๆ ที่พิจารณาว่าเป็นจริงนำมาสนับสนุนให้ความคิดได้รับการยอมรับ

ด้านที่ 4 การสรุปหลักการ (Generalizing) คือ ความสามารถในการนำความรู้เดิมเป็นข้อมูลเพื่อไปสู่ความรู้หรือหลักการใหม่ ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยสามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยใช้การให้เหตุผลสรุปเป็นหลักการดังนี้

1) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive) เป็นการให้เหตุผลหรือการคิดจากข้อมูลที่เป็นตัวอย่างหรือรายละเอียดแล้วสามารถสรุปเป็นหลักการ แนวคิด ทฤษฎีหรือเกิดเป็นความรู้ใหม่

2) การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive) เป็นการให้เหตุผลหรือการคิดที่เริ่มจากข้อสรุปแล้วนำไปสู่รายละเอียดหรือการยกตัวอย่าง

ด้านที่ 5 การนำไปใช้ (Specifying) คือ ความสามารถนำความรู้หรือหลักการไปใช้เพื่อการทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคตได้อย่างเจาะจง มีความรู้ ความเข้าใจเหตุการณ์ สามารถระบุรายละเอียดในเหตุการณ์นั้น ๆ และบอกสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้ เป็นการประยุกต์ความรู้ใหม่จาก

หลักการเดิมที่มีอยู่ สามารถคาดเดา ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตว่าอะไรจริงหรือไม่จริง สามารถปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยนำทฤษฎีการคิดของบลูมและทฤษฎีการคิดของ Marzano ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้องค์ประกอบความสามารถของการคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องประกอบด้วยความสามารถ 3 ด้านประกอบกัน ผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มและจำแนกระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนดังนี้

1. หลักการคิดวิเคราะห์ความสำคัญของบลูมและการจำแนกเปรียบเทียบการจัดกลุ่มของ Marzano โดยรวมสรุปความหมายได้ว่า การแยกแยะหรือแยกย่อยให้รายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์ที่เหมือนหรือแตกต่างกันออกเป็นส่วน ๆ โดยสามารถระบุความเกี่ยวข้องและความสำคัญได้อย่างมีเหตุและผล สามารถเปรียบเทียบการจัดกลุ่ม จัดลำดับ จัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งนั้น ๆ อย่างมีหลักการ หลักเกณฑ์ และมีเหตุผล

2. หลักการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบลูมและการจัดกลุ่ม การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของ Marzano โดยรวมสรุปความหมายได้ว่า เป็นความสามารถในการให้เหตุผล ระบุความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของสิ่งต่าง ๆ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวพันสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร การจัดระบบโดยการให้เหตุผล การระบุข้อผิดพลาดหรือความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ โดยโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล ระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ การใช้ความรู้เดิมผสมผสานกับความรู้ใหม่ไปสู่การสรุปและยกตัวอย่างประกอบได้อย่างมีเหตุผลจากความรู้ที่มีอยู่เดิม มีข้อมูลหรือหลักฐานในการสนับสนุนจนพิจารณาได้ว่าเป็นข้อเท็จจริง

3. หลักการคิดวิเคราะห์หลักการของบลูมและการสรุปหลักการการนำไปใช้ของ Marzano โดยรวมสรุปความหมายได้ว่า เป็นการค้นหาหลักการสำคัญของสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันของสิ่งเหล่านั้นจนค้นพบความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปหลักการเป็นคำตอบได้ เป็นการให้เหตุผลแสดงความคิดเห็นโดยการนำความรู้เดิมเป็นข้อมูลเพื่อไปสู่ความรู้หรือหลักการใหม่ มีความรู้ เข้าใจเหตุการณ์ ระบุรายละเอียดในเหตุการณ์นั้น ๆ และสามารถบอกสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้ หรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยสามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง สามารถนำความรู้หรือหลักการไปใช้เพื่อการทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

4.4 เทคนิคการสอนคิดวิเคราะห์

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด มีผู้ศึกษาวิธีและเทคนิคการสอนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีการคิดวิเคราะห์มีการปฏิบัติตามหลักการเป็นขั้นตอนอย่างมีระบบและมีความสำคัญอย่างยิ่งอีกทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นทักษะของการนำไปปรับแก้ปัญหา

ต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีนักวิชาการที่ศึกษาข้อมูลจและได้อธิบายไว้หลายประเด็นดังนี้

Jarolimek (อ้างถึงใน อาร์ม โพธิ์พัฒน์, 2550) กล่าวว่า วิธีการคิดวิเคราะห์สามารถสอนได้ เพราะเป็นเรื่องความรู้ ความเข้าใจและทักษะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางสมอง ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของการสอนให้เกิดพุทธิพิสัยระดับต่ำ ส่วนที่อยู่ในระดับสูง คือ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผล ในส่วนของการวิเคราะห์ยังได้แยกแยะพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ ความสามารถที่จะนำความคิดต่าง ๆ มารวมกันเพื่อเกิดมโนทัศน์ใหม่ๆให้เข้าใจในสถานการณ์มากยิ่งขึ้น

Beyer (อ้างถึงใน มนตรี วงศ์สะพาน, 2556) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ในการเรียนการสอน ดังนี้

1) ได้รับการแนะนำทักษะการฝึกฝนที่ดี

2) ทบทวนกระบวนการค้นคว้า ทักษะและความรู้เกี่ยวข้องกับทักษะที่จัดการเรียนการสอน

3) ใช้ทักษะที่ได้รับเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนด

4) ทบทวนสิ่งที่คิดหรือสิ่งที่ทำกิจกรรม

วีระ สุดสังข์ (2550) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการคิดสามารถฝึกสมองให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ให้พัฒนาขึ้นสามารถฝึกตามขั้นตอนได้ ดังนี้

1) กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อเป็นต้นเรื่องที่จะใช้วิเคราะห์

2) กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดประเด็นสงสัยจากปัญหาหรือสิ่ง ที่วิเคราะห์ อาจจะกำหนดเป็นคำถามหรือกำหนดวัตถุประสงค์การวิเคราะห์เพื่อค้นหาความจริง สาเหตุหรือความสำคัญ

3) กำหนดหลักการหรือเกณฑ์เพื่อใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน

4) กำหนดการพิจารณาแยกแยะเป็นการกำหนดการพินิจพิเคราะห์แยกแยะและ กระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยอาจใช้เทคนิคคำถาม 5W 1H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไหร่) Why (ทำไม) Who (ใคร) How (อย่างไร)

5) สรุปคำตอบเป็นการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือตอบ ปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้

สุคนธ์ สิทธพานนท์ (2552) ได้เสนอแนวทางการฝึกนักเรียนให้เกิดทักษะการคิด ดังนี้

1) การสร้างแรงจูงใจให้แก่นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้และเพื่อต่อการคิด มีการจัดบรรยากาศในห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนและฝึกการคิด มีการใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่โน้มน้าวจิตใจ เช่น การตั้งคำถาม การใช้เพลง การใช้คำขวัญ นิทาน เกม เพื่อโยงเข้าสู่การฝึกทักษะการคิด ช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมและกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม

2) ในการจัดการเรียนรู้ทุกกิจกรรมครูควรมีบทบาทในการเสริมแรงให้นักเรียนได้ ค้นพบคำตอบและสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองรู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม

3) ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ควรแทรกให้นักเรียนได้ฝึกการคิด เช่น กิจกรรมที่เกี่ยวกับการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมควรมีระเบียบวินัยเพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักรู้ถึงความสำคัญ ความจำเป็นและผลที่จะได้รับจากการปฏิบัติ

4) ควรใช้วิธีสอนเทคนิคการสอนวิธีการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธีเพราะแต่ละวิธีนั้นจะส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนหลากหลายต่าง ๆ กันไป

5) การใช้แหล่งเรียนรู้ภายในและภายนอกสถานศึกษาเป็นที่เสาะแสวงหาความรู้และฝึกการคิดค้นหาคำตอบต่าง ๆ การค้นพบสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลในเรื่องอย่างหลากหลายจะช่วยให้นักเรียนได้รู้จักแยกแยะข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยการคิดวิเคราะห์ก่อนที่จะตัดสินใจในการเลือกข้อมูล ซึ่งถือว่าเป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

6) ครูจะต้องรู้จักฝึกกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักคิดในรูปแบบต่าง ๆ

7) ควรกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมให้ชัดเจนว่าควรมีขั้นตอนการคิดวิเคราะห์อยู่ในส่วนใดของการเรียนรู้

8) การแบ่งกลุ่มนักเรียนในการทำกิจกรรมสมาชิกกลุ่มต้องไม่มากเกินไป

9) ครูอาจใช้วิธีวัดประเมินผลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น วัดและประเมินผลจาก แบบสอบถามความคิดที่มีรูปแบบต่างกัน

ธันยวิช วิเชียรพันธ์และปวีณา จันทร์สุข (2556) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูที่ส่งผลต่อเทคนิคการสอนไว้ว่า บทบาทของครูสามารถเลือกเปลี่ยนบทบาทให้เหมาะสมกับเวลาและโอกาสเพื่อให้การสอนมีผลการวิเคราะห์มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งบทบาทของครูไว้ 8 บทบาท เรียบว่า CLIP STEP ดังนี้

1) การสร้างความมั่นใจในตนเองแก่ผู้เรียน (Confidence) เป็นการช่วยเสริมสร้างความรู้สึกเชื่อมั่นในตนเองให้แก่ผู้เรียนในชั้นเรียน คือ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกคนต้องสลับสับเปลี่ยนกันมาเป็นผู้นำของกลุ่มได้ตามความถนัดของตนเอง เลือกใช้สื่อประกอบการเรียนรู้และใช้คำถามให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนมากที่สุด

กิจกรรมที่ให้นักเรียนทำต้องมีความท้าทายไม่น่าเบื่อ ผู้สอนสามารถเสริมแรงทางบวกให้กับผู้เรียนได้อีกด้วยเมื่อ ผู้เรียนเชื่อมั่นในตนเองผู้เรียนจะมีความกล้าที่จะพัฒนาตนเองต่อไปกล้าคิด กล้าทำและเข้าใจจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของสิ่งที่ทำ

2) การช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสิ่งต่าง ๆ ได้ (Linkage) เป็นการ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนกับสิ่งต่าง ๆ ได้ คือ การอธิบาย ชี้แนะและกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดเชื่อมโยงกันระหว่างสิ่งที่เรียน เนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ นอกจากนี้ครูต้องสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกประยุกต์ใช้เนื้อหาที่เรียนในชีวิตประจำวันด้วย

3) ช่วยเสริมสร้างความเป็นปัจเจกของผู้เรียน (Individual) เป็นการเสริมสร้างความเป็นปัจเจกบุคคลของผู้เรียนที่พบในชั้นเรียน คือ ครูจะเป็นต้นแบบเรื่องการแสดงออกถึงการยอมรับ ในความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยไม่ยึดความคิดหรือความเชื่อของตนเองเป็นหลัก บทบาทด้านนี้จะ เริ่มจากส่งเสริมให้ผู้เรียนยอมรับว่าคนเรามีความแตกต่างกันทั้งแนวคิด สังคมและวัฒนธรรม รวมถึงส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการสร้างงานที่แปลกใหม่และหลากหลาย ขึ้น

4) ช่วยเหลือให้มีการวางแผน (Planning) ครูเป็นแบบอย่างในการกำหนดจุดประสงค์ของบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเล่าประสบการณ์ของตนเองในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ให้ผู้เรียนฟัง จากนั้นจึงเริ่มส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักในความสำคัญของการวางแผนและกำหนดจุดมุ่งหมายที่เป็นไปได้แล้วจึงแนะแนวทางให้ผู้เรียนทั้งเรื่องการวางแผนกระตุ้นให้มีการพัฒนาและทบทวนแผน ถ้าเห็นว่าแผนที่วางไว้ยังต้องมีการพัฒนาก็จะชี้แนะผู้เรียนให้ปรับเปลี่ยนแผนให้มีความเหมาะสม

5) การช่วยให้ผู้เรียนมีการกำกับตนเองในการเรียนรู้ (Self-regulation) เป็นการช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำหนดตนเองในการเรียนรู้ ครูจะกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้และส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมายและคิดหาวิธีการที่จะบรรลุเป้าหมายตามขั้นตอนที่ได้วางไว้ อีกทั้งยังคอยส่งเสริมให้ผู้เรียนตรวจสอบและประเมินผลงานของตนเอง

6) การช่วยให้ผู้เรียนมีการปรับเปลี่ยนตนเอง (Transformation) เป็นการเสริมสร้างให้ผู้เรียนตระหนัก เข้าใจเห็นประโยชน์ของการปรับเปลี่ยนตนเอง ยอมรับและพร้อมที่จะพัฒนา เปลี่ยนแปลงตนเอง ครูจะเป็นแบบอย่างในการแลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์เกี่ยวกับความ เปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากนั้นกระตุ้นและส่งเสริมผู้เรียนให้มีแรงจูงใจและมุ่งมั่นที่จะพัฒนาตนเองให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น โดยต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความก้าวหน้าและตรวจสอบการปรับเปลี่ยนตัวเองอย่างสม่ำเสมอ

7) การช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกตื่นเต้นท้าทายในการเรียนรู้ (Exciting) เป็นการ กระตุ้นความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียนด้วยการนำเสนอสถานการณ์ของผู้เรียนรู้ที่แปลกใหม่ ท้าทายและซับซ้อนพร้อมส่งเสริมให้ผู้เรียนมานะพยายามที่จะลงมือทำงานนั้น ๆ และจะต้องสร้างความท้าทายให้มากขึ้นด้วยการเพิ่มสถานการณ์ที่ยากและซับซ้อนอีกเมื่อมีโอกาส โดยครูจะเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนในบางโอกาสที่เหมาะสมเท่านั้น เมื่อผู้เรียนทำงานจนสำเร็จครูจะต้องนำผลงานของนักเรียนมาแสดงและแลกเปลี่ยนเพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนตั้งใจทำมากขึ้น

8) การช่วยให้ผู้เรียนตั้งใจและตอบสนองต่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน (Participation) เป็นการสร้างความมั่นใจในตนเองแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสิ่งต่าง ๆ เสริมสร้างความเป็นปัจเจกบุคคลของผู้เรียน ช่วยผู้เรียนให้มีการวางแผน ช่วยให้ผู้เรียนมีการกำกับตนเองในการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนมีการปรับเปลี่ยนตนเองให้เกิดความรู้สึกตื่นเต้นท้าทายในการเรียนรู้สิ่งที่เป็นตัวแปรสำคัญ คือ บุคลิกภาพในการเป็นนักนำเสนอ กล่าวคือ เป็นการแสดงออกทางสีหน้า แววตา ท่าทางและคำพูดแสดงออกถึงความสนใจใส่ใจเวลาผู้เรียนทำกิจกรรม มีความรู้สึกร่วมยินดีและอธิบายเมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจ เป็นต้น

สรุปได้ว่า การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ทำได้โดยการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนตามขั้นตอนอย่างมีระบบ จะช่วยให้เกิดการคิดวิเคราะห์ที่ประสบผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ซึ่งในขณะเดียวกันกระบวนการทางสมองมีการปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน เริ่มจากความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้มีการเชื่อมโยงสิ่งเร้ากับการตอบสนองของการคิด โดยฝึกคิด ฝึกตั้งคำถาม กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ การคิดตีความ การคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ การคิดแบบย้อนทวน การคิดจำแนกแยกแยะ การคิดเชื่อมโยงสัมพันธ์และการคิดจัดอันดับเป็นการปฏิบัติตามหลักการเป็นขั้นตอน คือ การกำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์กำหนดหลักการพิจารณาแยกแยะและสรุปหาคำตอบ

4.5 การวัดและประเมินการคิดวิเคราะห์

4.5.1 การวัดการคิดวิเคราะห์

Bloom (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539) กล่าวว่า การวัด การคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องพิจารณาทั้ง 3 ด้าน ซึ่งประกอบไปด้วย

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of Elements) เป็นความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุสิ่งใดเป็นผล ซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิด การวิเคราะห์สิ่งสำคัญและการวิเคราะห์เลศนัย

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวข้องกันอย่างไร การวิเคราะห์

ความสัมพันธ์อาจจะถามความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับเหตุผล ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ การวิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์สาเหตุของความสัมพันธ์และการวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย ตัวอย่างคำถาม เช่น เพราะเหตุใดรุ้งจึงโค้งตามแนวโค้งของโลก เหตุใดคนตกใจมากจึงเป็นลม

3) การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organizational Principles) เป็นความสามารถที่จะจับเค้าของเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการใด มีเทคนิคการเขียนอย่างไร อาศัยหลักการใดเป็นการสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ คำถามวิเคราะห์หลักการมักจะมีคำลงท้ายว่า “ยึดหลักการใด... มีหลักการใดอยู่เสมอ” ซึ่งการวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การวิเคราะห์หลักการประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิเคราะห์หลักการ ตัวอย่างคำถามประเภทวิเคราะห์หลักการ เช่น รถยนต์วิ่งได้โดยอาศัยหลักการใด

สมนึก ภัททิยธนี (2546) กล่าวว่า การวัดการคิดวิเคราะห์เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง การแยกแยะพิจารณาดูรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีส่วนใดสำคัญที่สุด ส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุดและส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้หรือทำงานได้เพราะอาศัยหลักการใด ซึ่ง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่าส่วนใด เรื่องใดสำคัญที่สุดหรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญสิ่งที่ซ่อนเร้น

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าส่วนใดสัมพันธ์กัน

3) การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาส่วนปลีกย่อยว่าทำงานหรือสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใด

ทิศนา แขมมณี (2554) กล่าวว่าการวัดการคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องทำการวัดให้ครบทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1) การวิเคราะห์หลักการ ในการกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกข้อมูล

2) การวิเคราะห์เนื้อหา ในการแยกข้อมูลเนื้อเรื่องได้ตามเกณฑ์

3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ จะต้องวัดความสามารถในการแยกแยะส่วนประกอบของเหตุการณ์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วจำแนกให้เห็นความสำคัญ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบนั้น ๆ ได้ การคิดวิเคราะห์จำแนกออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการแยกแยะส่วนประกอบออกมาจนสามารถเห็นว่าส่วนใดสำคัญเป็นสาเหตุหรือผลลัพธ์ แนวการสร้างคำถามควรถามเกี่ยวกับ

1.1 ส่วนที่เป็นข้อเท็จจริง สมมติฐาน สิ่งที่เป็นแก่น

1.2 ความมุ่งหมายสำคัญว่าอยู่ตรงไหน เรื่องอะไร

1.3 อันดับความสำคัญขององค์ประกอบย่อย ๆ

ตัวอย่างคำถาม เช่น

- ข้อความนี้ผู้กล่าวมีความมุ่งหมายอย่างไร
- วิธีการทดลองกับวิธีการทางสถิติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ ความเกี่ยวข้องระหว่างองค์ประกอบ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อเรื่องทั้งหมดกับสาเหตุหรือส่วนสนับสนุนแนวการสร้างคำถามควรถามเกี่ยวกับ

2.1 ให้ค้นหาความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวนั้น

2.2 มีอะไรเป็นสาเหตุหรือผล

2.3 บุคคลหรือบทความนี้ ยึดทฤษฎีอะไร

2.4 คำกล่าวนี้ขยาย สนับสนุนหรือคัดค้านอะไร ฯลฯ

ตัวอย่างคำถาม เช่น ทำไมเราจึงเหงื่อออก มนุษย์กับสังคมสัมพันธ์กันอย่างไร ถ้าอากาศเย็นลงกระทันหันเด็กจะป่วยเป็นโรคอะไร

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถที่จะแยกแยะจนเห็นว่าเรื่องนั้น ๆ มีหลักการใด มีโครงสร้างอย่างไร แนวการสร้างคำถามควรถามเกี่ยวกับ

3.1 เรื่องนี้ยึดถือหลักการใด ใช้เทคนิคใด

3.2 มีระเบียบวิธีในการเรียบเรียงและมีเค้าโครงการสร้างอย่างไร ฯลฯ

ตัวอย่างคำถาม เช่น

ผู้แต่งใช้กลวิธีใดจึงสามารถจูงใจคนอ่าน กฎหมายบัญญัติเรื่องราวนั้นยึดหลักการใด ข้อความนี้จัดอยู่ประเภทใด (ชี้แจง ชักชวน แนะนำ) ฯลฯ

สรุปได้ว่า การวัดการคิดวิเคราะห์ แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และวิเคราะห์หลักการ ซึ่งทั้ง 3 ด้านจะต้องมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุสิ่งใดเป็นผล ซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิด การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ และการวิเคราะห์เลศนัย

(2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มีความเกี่ยวข้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ การวิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ การวิเคราะห์สาเหตุของความสัมพันธ์และการวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย

(3) การวิเคราะห์หลักการ เป็นการค้นหาโครงสร้างระบบและสิ่งของเรื่องราวและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นได้เนื่องจากอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีหลักการอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การวิเคราะห์หลักการประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิเคราะห์หลักการ

4.5.2 แนวทางการวัดและการประเมินการคิดวิเคราะห์

การวัดและประเมินการคิดวิเคราะห์นั้นสามารถวัดได้หลายวิธี นักวัดผลทางการศึกษาและนักจิตวิทยาได้นำเสนอวิธีการวัดประเมินเพื่อเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนได้นำไปประยุกต์ใช้ในการคิดออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดมีหลายวิธี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ (Psychometrics) แนวทางการวัดจิตมิตินี้เป็นแนวทางของกลุ่มนักวัดทางการศึกษาและนักจิตวิทยาที่มีความเชื่อที่ว่า สมองของมนุษย์มีลักษณะเป็นองค์ประกอบและมีระดับความสามารถแตกต่างกันในแต่ละคน ซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ใช้วัดความสามารถทางสมองในด้านต่าง ๆ เช่น เชาวน์ปัญญา ผลสัมฤทธิ์ บุคลิกภาพ ความถนัดและความสามารถในด้านต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการคิด

2) แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติจริง (Authentic Performance Measurement) แนวทางการวัดนี้เป็นทางเลือกใหม่ที่เสนอโดยกลุ่มนักวัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นธรรมชาติ โดยเน้นวัดจากการปฏิบัติในชีวิตจริงหรือคล้ายจริงที่มีคุณค่าต่อตัวผู้ปฏิบัติ ใช้ในการวัดทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการปฏิบัติงาน ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาและการประเมินตนเอง เทคนิคการวัดใช้การสังเกตงานที่ปฏิบัติ จากการเขียนเรียงความ การแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและการรวบรวมงานในแฟ้มสะสมงาน

ทิศนา แขมมณีและคณะ (2554) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วกับแบบวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เอง

1) แบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด

แบบวัดมาตรฐานที่มีผู้สร้างไว้แล้วสำหรับใช้วัดความสามารถในการคิดสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดทั่วไปและแบบวัดความสามารถในการคิดเฉพาะด้าน

1.1) แบบวัดความสามารถในการคิดทั่วไป เป็นแบบวัดความสามารถในการคิดที่มุ่งวัดให้ครอบคลุมความสามารถในการคิด โดยเป็นความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทั่วไป แบบวัดความสามารถลักษณะนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบวัดความสามารถในการคิดทั่วไปที่สำคัญ มีดังนี้

- Watson - Glaser Critical Thinking Appraisal
- Cornell Critical Thinking Test, Level X and Level Z
- Ross Test of Higher Cognitive Processes
- New Jersey Test of Reasoning Skills
- Judgement: Deductive Logic and Assumption Recognition
- Test of Enquiry Skills
- The Ennis - Weir Critical Thinking Essay Test

1.2) แบบวัดความสามารถในการคิดเฉพาะด้าน เป็นแบบวัดที่มุ่งวัดความสามารถในการคิดเฉพาะแบบที่แสดงถึงลักษณะของการคิด เช่น การคิดแบบนิรนัย (Deductive) ความสามารถประเมินข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นต้น แบบวัดความสามารถในการคิดเฉพาะด้านที่สำคัญ มีดังนี้

- Cornell Class Reasoning Test, Form X
- Cornell Conditional Reasoning Test, Form X
- Logical Reasoning
- Test on Appraising Observations

2) แบบวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เอง

ถ้าแบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการวัด ครูผู้สอนจึงต้องหาวิธีสร้างแบบวัดตวามสามารถในการคิดขึ้นใช้เองเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการวัดอย่างแท้จริง จากการศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1) หลักการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิด ผู้สร้างเครื่องมือควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดที่ต้องการวัดอย่างลึกซึ้ง เพื่อนำมาเป็นกรอบในการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเพื่อให้มีความเข้าใจที่ตรงกันว่าผู้สร้างต้องการวัดอะไร ทำให้

ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิดที่ต้องการจะศึกษา

2.2) ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิด การพัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดมีขั้นตอนสำคัญดังนี้

2.2.1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด ผู้สร้างแบบวัดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ว่าต้องการวัดความสามารถทางการคิดทั่ว ๆ ไปหรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะวิชา การวัดนั้นมุ่งติดตามความก้าวหน้าของความสามารถในการคิดหรือต้องการเน้นการประเมินผลสรุปรวมสำหรับการตัดสินใจ การแปลผลการวัดเน้นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกลุ่มหรือต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

2.2.2) กำหนดกรอบการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ ผู้สร้างแบบวัดควรศึกษาเอกสารแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ เลือกแนวคิดทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและจุดมุ่งหมายที่ต้องการศึกษาให้ลึกซึ้งเพื่อกำหนดโครงสร้างองค์ประกอบของความสามารถในการคิดตามทฤษฎีและให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบในเชิงรูปธรรมของพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้น

2.2.3) การสร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบวัดความสามารถในการคิดที่ต้องการสร้างให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างตามทฤษฎีและกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

2.2.4) การสร้างข้อสอบ กำหนดรูปแบบของการสร้างข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบและวิธีการตรวจให้คะแนน เช่น กำหนดว่าตัวคำถามเป็นสถานการณ์ ตัวคำตอบเป็นข้อสรุปของสถานการณ์ ตอบถูกตรงตามเฉลยได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน แล้วร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ภาษาที่ใช้ควรตรงตามหลักการเขียนข้อสอบที่ดี สิ่งที่ควรระวัง คือ การสร้างข้อสอบให้วัดได้ตรงตามโครงสร้างของการวัด หลีกเลี่ยงคำถามนำและคำถามที่ทำให้ผู้ตอบแสร้งตอบเพื่อให้ดูดี หลังจากร่างเสร็จแล้วพิจารณาความเหมาะสมของการวัดและความชัดเจนของภาษาโดยผู้สร้างข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบแบบวัดความสามารถในการคิด

2.2.5) นำแบบวัดไปทดลองใช้ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงหรือกลุ่มใกล้เคียงแล้วนำผลการตอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถทั้งฉบับ ตรวจสอบคุณภาพรายข้อด้วยการหาความยากและค่าอำนาจจำแนกเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้ พร้อมทั้งปรับปรุงข้อที่ไม่เหมาะสม นำข้อสอบที่มีคุณภาพหรือข้อสอบที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้ง

2.2.6) นำแบบวัดไปใช้จริง หลังจากวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถทั้งฉบับว่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่ต้องการจึงนำแบบวัดความสามารถในการคิดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง ในการใช้แบบวัดทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเที่ยงทุกครั้งก่อนนำผลการวัดไปแปลความหมาย

สมถวิล วิจิตรวรรณาและคณะ (2556) กล่าวว่า การวัดการคิดวิเคราะห์สามารถใช้ได้ทั้งแบบวัดที่เป็นเลือกตอบและแบบวัดที่เป็นแบบเขียนตอบ ดังนี้

1) แบบเลือกตอบ คือ แบบวัดที่มีคำตอบให้ผู้เลือกตอบมี 3 ลักษณะคือ แบบวัดที่มีหลายตัวเลือก แบบวัดที่เป็นแบบถูกผิด แบบวัดที่เป็นการจับคู่ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) แบบวัดที่มีหลายตัวเลือก คือ แบบวัดที่ประกอบด้วยส่วนของคำถามและคำตอบหลายคำตอบ โดยมีข้อถูกเพียงข้อเดียว ส่วนคำตอบที่เหลือคือตัวลวง

1.2) แบบวัดที่เป็นแบบถูกผิด คือ แบบวัดที่กำหนดให้ตอบในแต่ละข้อ โดยพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ว่าถูกหรือผิด เป็นแบบวัดด้านความรู้ความจำ เป็นแบบวัดเลือกตอบ 2 ตัวเลือก

1.3) แบบวัดที่เป็นแบบเขียนตอบ เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วยชุดคำถามที่มีตัวเลือกชุดหนึ่งร่วมกัน

2) แบบวัดที่เป็นแบบเขียนตอบ เป็นแบบวัดที่ให้ผู้ตอบเขียนตอบด้วยภาษาตนเอง มีลักษณะเป็นแบบเติมคำ แบบอัตนัยหรือความเรียง

จากการศึกษาแนวทางการวัดและการประเมินการคิดวิเคราะห์สรุปได้ว่า การวัดและประเมินการคิดวิเคราะห์นั้นสามารถวัดได้หลายวิธี มีทั้งแบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดการคิดซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วกับแบบวัดการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เอง ซึ่งแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ของการวัดและประเมินเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในการวัดอย่างแท้จริง โดยในการวัดการคิดวิเคราะห์ ผู้สร้างแบบวัดต้องมีความรอบรู้แนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์เพื่อนำมากำหนดโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบเพื่อให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะเชิงพฤติกรรมตามที่ต้องการ จากนั้นทำการสร้างข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดที่กำหนดไว้แล้วนำส่งผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและมีการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุงก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

จากการศึกษาจากการศึกษาแนวทางการวัดและการประเมินการคิดวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยสนใจที่จะนำแบบวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เองมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นจะเป็นแบบ

วัดที่วัดความสามารถในการแยกแยะเหตุการณ์ จำแนกส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ โดยให้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ความสำคัญและการวิเคราะห์หลักการได้

4.6 ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

วนิช สุธารัตน์ (2547) ได้เสนอความคิดเห็นในเรื่อง ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ไว้หลายประการดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) สามารถปฏิบัติงานอย่างมีหลักการและเหตุผลและได้งานที่มีประสิทธิภาพ

2) สามารถประเมินงานโดยใช้กฎเกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล

3) สามารถประเมินตนเองอย่างมีเหตุผลและมีความสามารถในการตัดสินใจ

4) ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

5) ช่วยให้สามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลที่ชัดเจน ค้นหาความรู้ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย ตลอดจนการหาข้อสรุปได้ดี

6) ช่วยให้ผู้คิดมีความสามารถในการใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง จนถึงขั้นมีความสามารถเป็นนายของภาษาได้

7) ช่วยให้คิดได้อย่างชัดเจน คิดได้อย่างถูกต้อง คิดอย่างกว้างขวางคิดอย่างลึกและคิดอย่างสมเหตุสมผล

8) ช่วยให้เกิดปัญญามีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีความเมตตาและมีบุคลิกภาพในทางสร้างประโยชน์ต่อสังคม

9) ช่วยให้พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคสารสนเทศ 4.0

ลักขณา สุริวัฒน์ (2549) ได้อธิบายถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1) ช่วยส่งเสริมความฉลาดทางสติปัญญา ซึ่ง Stenberg ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดในการประสบความสำเร็จไว้ว่าคนเราจะเฉลียวฉลาดนั้นต้องประกอบไปด้วยความฉลาด 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดในการสร้างสรรค์ ความฉลาดในการวิเคราะห์และความฉลาดในการปฏิบัติ

2) ช่วยให้คำนึงถึงความสมเหตุสมผลของขนาดกลุ่มตัวอย่างในการสรุปเรื่องต่าง ๆ เรามักไม่คำนึงถึงจำนวนข้อมูลที่สามารถบ่งชี้ความสมเหตุสมผลของเรื่องนั้น ๆ แต่มักจะด่วนสรุปสิ่งต่าง ๆ ไปตามอารมณ์ความรู้สึกหรือเหตุผลที่ตนมีอยู่ ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ข้อเท็จจริงของสิ่งนั้น

3) ช่วยลดการอ้างประสบการณ์ส่วนตัวเป็นข้อสรุปทั่วไป การสรุปเรื่องต่าง ๆ ในหลายเรื่องมีคนจำนวนไม่น้อยที่ใช้ประสบการณ์ที่เกิดกับตนเองเพียงคนเดียวมาสรุปเป็นเรื่องทั่ว ๆ ไป

4) ช่วยตรวจสอบการคาดคะเนบนพื้นฐานความรู้เดิมในหลายๆ เรื่องที่เราจะสรุปตามความรู้ความเข้าใจของเราเกี่ยวกับการคาดการณ์ความน่าจะเป็นของสิ่งนั้นในอนาคต

5) ช่วยวินิจฉัยข้อเท็จจริงจากประสบการณ์ส่วนบุคคล ในการวินิจฉัยคำกล่าวของคนนั้นจำเป็นต้องตระหนักให้ดีว่าประสบการณ์ของแต่ละคนมีแนวโน้มที่จะมีอคติ ดังนั้นการคิดวิเคราะห์จะช่วยให้เราหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้นโดยไม่มีอคติที่ก่อตัวอยู่ในความทรงจำและจะทำให้เราสามารถประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างสมจริง

6) เป็นพื้นฐานการคิดในมิติอื่น ๆ การวิเคราะห์นับว่าเป็นปัจจัยที่ทำหน้าที่เป็นปัจจัยหลักสำหรับการคิดในมิติอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นการคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งการคิดวิเคราะห์จะช่วยเสริมสร้างให้เกิดมุมมองเชิงลึกและครบถ้วนในเรื่องนั้น ๆ อันจะนำไปสู่การตัดสินใจและการแก้ปัญหา

7) ช่วยในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่างและการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงช่วยเราในเวลาที่พบปัญหาใด ๆ ให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ปัญหานั้นต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงประเด็น เนื่องจากการแก้ปัญหาใด ๆ จำเป็นต้องมีการคิดวิเคราะห์ปัญหาเสียก่อนว่ามีปัญหาอะไรบ้าง แยกแยะว่ามีกี่ประเภท แต่ละประเภทมีรายละเอียดอย่างไร เพื่อให้สามารถคิดต่อไปได้ว่าแต่ละประเภทจะป้องกันและแก้ไขอย่างไร

8) ช่วยในการประเมินและตัดสินใจ การวิเคราะห์จะช่วยให้เรารู้ข้อเท็จจริงหรือเหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดความเข้าใจที่สำคัญคือจะช่วยให้เราได้ข้อมูลเป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์

9) ช่วยให้ความคิดสร้างสรรค์สมเหตุสมผล การคิดวิเคราะห์ช่วยให้การคิดต่าง ๆ ของเราอยู่บนพื้นฐานของตรรกะและความน่าจะเป็นไปได้อย่างมีเหตุผล มีหลักเกณฑ์ ส่งผลให้มีการคิดจินตนาการหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้รับการตรวจสอบว่าความคิดใหม่นั้นใช้ได้จริงหรือไม่

10) ช่วยให้เราเข้าใจแจ่มแจ้ง การคิดวิเคราะห์ช่วยให้เราประเมินและสรุปสิ่งต่าง ๆ บนข้อเท็จจริงที่ปรากฏไม่ใช่สรุปตามอารมณ์ความรู้สึกหรือการคาดการณ์ว่าน่าจะเป็นอย่างไร การคิดวิเคราะห์ทำให้ได้รับข้อมูลที่เป็นจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจที่สำคัญคือช่วยให้เราได้เรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างเข้าใจลึกซึ้งมากขึ้น

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) ได้อธิบายถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1) ทำให้สามารถแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลหรือจากความคิดเห็น มีความกระจ่างชัดเจน ทำให้มองเห็นแนวทางในการตัดสินใจที่จะทำงานหรือดำเนินการต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2) เป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาการเรียนรู้ การแสวงหาความรู้ ทำให้รู้จักคิด จำแนกแยกแยะสิ่งที่เรียนรู้ จัดประเภทสิ่งต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถทำนายผลหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงความเป็นจริงนำไปสู่การตัดสินใจอย่างเหมาะสม

3) ทำให้คนมีเหตุผล มีหลักการ ไม่ทำสิ่งใด ๆ ตามใจตนเองอย่างเลื่อนลอยไร้ทิศทาง ไม่สรุปเรื่องราวต่าง ๆ ตามอารมณ์หรือความรู้สึกตนเอง

4) ทำให้เป็นผู้น่าเชื่อถือ ได้รับการยอมรับจากผู้อื่นในด้านการแสดงความคิดเห็น หรือการให้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล

5) สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผลตามขั้นตอนถูกต้องและสามารถปรับตนเองให้เข้ากับสถานการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคมโลกปัจจุบันได้ ไม่คล้อยตามหรือหลงเชื่อบุคคล อื่นจนเกิดความพลาดพลั้งในกิจกรรมต่าง ๆ

6) ทำให้เป็นผู้ที่มีทักษะในการลำดับเหตุการณ์เรื่องราวต่าง ๆ หลอมรวมได้ใจความเพื่อนำเสนอความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลไปยังบุคคลหรือองค์กรต่าง ๆ ได้

7) ทำให้สามารถประมวลข้อคิดหรือความคิดเห็นของบุคคลที่หลากหลายมาสัมพันธ์กันเพื่อนำมาสรุปเป็นแนวคิดใหม่ นำไปใช้ในการพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพของงาน

8) ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสามารถตรวจสอบความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ได้ตรงประเด็น

จากการศึกษาประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์สรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ช่วยให้นักเรียนได้รู้จักใช้เหตุผลในแก้ปัญหาและตัดสินใจ รวมถึงช่วยให้วินิจฉัยข้อเท็จจริงเข้าใจแจ่มแจ้งในเรื่องที่ซับซ้อนได้อย่างสมเหตุสมผล

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Lizzio et al. (2002) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลจากกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนทำได้หลังจากที่นักเรียนได้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนเป็นคนออกแบบ

Narmaditya, Winarning and Wulandari (2017) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลของการวัดปริมาณเนื้อหาทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ในระยะเวลาที่กำหนด โดยในแต่ละระดับชั้นมีผลการเรียนรู้หรือตัวชี้วัดที่ผู้สอนจำเป็นต้องสอนผู้เรียนเพื่อให้เป็นไปตามที่กำหนด

อารีย์ วชิรวราการ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้านและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ แต่คนส่วนมากเข้าใจว่าผลสัมฤทธิ์เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนภายในโรงเรียน และมองในแง่ความรู้ความสามารถทางสมองเท่านั้น ในทางที่เป็นจริงแล้วความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมล้วนก็เป็นผลจากการฝึกสอนและอบรม ซึ่งก็นับเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ทักษะและสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนที่ได้จากการเรียนรู้การศึกษา ค้นคว้า อบรม การสั่งสอนหรือได้จากประสบการณ์ที่ได้รับจากทางโรงเรียน บ้านและแหล่งอื่น ๆ

สมนึก ภัททิยธนี (2558) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วมี 2 ประเภทคือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐานล้วน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการวัดความสามารถของนักเรียนจากเนื้อหาในรายวิชานั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยความรู้ ความสามารถซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเรียนรู้และได้รับจากกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้คำนิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการจัดการเรียนรู้ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการสังเคราะห์และระดับการประเมินค่า

5.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึง ผลงานทางวิชาการของเบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) ที่มีชื่อ อนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1) ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง คำนิยาม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร

- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

2) ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมายความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่ายระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความ สรุปอ้างอิงจากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

3) ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ (Application) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการหรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็วขึ้นจะทำอย่างไร
- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร

4) ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรงมี 2 ลักษณะ คือ

4.1) วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

4.2) วิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิงหรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้นการประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญ หาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง

- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

5) ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันหรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่งจะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6) ระดับที่ 6 ระดับการประเมินผล (Evaluation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด

- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธ์ภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด

- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

Anderson and Krathwohl (2001 อ้างในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียน การสอน และการประเมินหรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากับบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1.) ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง

- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

2.) ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้ว่าอย่างไร
- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติภารกิจภายนอกยานอวกาศ

3.) ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื้อกันฝน เพราะเหตุใด

4.) ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมาตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

5.) ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6.) ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ
- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหมูตัวที่ 3 ได้

นันท์ภัส นิยมทรัพย์ (2560) กล่าวถึง คำอธิบายและคำกริยาที่ใช้ในอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูมมีรายละเอียดดังตาราง 12

ตารางที่ 12 แสดงอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูม (นันท์ภัส นิยมทรัพย์, 2560)

ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
จำได้	การนึกถึงหรือระลึกได้ถึงข้อเท็จจริงข้อความหรือความรู้เฉพาะด้าน โดยการระลึกได้จากความจำระยะยาว	นับ นิยาม บรรยาย วาด ค้นหา	ระบุ ทำเครื่องหมาย ใส่รายการ บอกตำแหน่ง บอกชื่อ	เรียก ท่อง บันทึก เล่าเหตุการณ์ บอก
เข้าใจ	การเข้าใจและการสร้างความหมายด้วยปากเปล่า การเขียนและการสื่อสารด้วยภาพกราฟิก	แบ่งประเภท บรรยาย อภิปราย ยกตัวอย่าง อธิบาย	อ้างถึง ระบุ ตีความ โครงร่าง ถอดความ	แทนที่ เรียบเรียงใหม่ สรุป บอก แปล
ประยุกต์	การใช้หรือการปฏิบัติกระบวนการในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นรูปธรรม	นำไปปฏิบัติ แบ่งประเภท คำนวณ แสดงให้เห็น กำหนด/ ตัดสินใจ	วาด ดำเนินการ แสดง ภาพประกอบ ใช้อุปกรณ์ วางแผน	เลือก แสดงให้เห็น แก้ปัญหา ถ่ายโอน ใช้

ตารางที่ 12 แสดงอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูม (นันท์ภัส นิยมทรัพย์, 2560) (ต่อ)

ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
วิเคราะห์	การแยกส่วนจากองค์รวมไปสู่ส่วนย่อยและทำความเข้าใจบทบาทของแต่ละส่วนย่อยนั้น การบอกความสัมพันธ์ของส่วนย่อยนั้น และความสัมพันธ์ของเป้าหมายโดยรวมหรือโครงสร้างโดยรวม	วิเคราะห์ จำแนก/แยกแยะ จัดหมวดหมู่ ให้คุณลักษณะเปรียบเทียบ	บอกสิ่งที่ขัดแย้ง ถอดโครงสร้าง บอกความแตกต่าง แบ่งแยกทำให้เห็นความต่าง	ตรวจสอบ อนุมาน/อุปนัย ไต่สอบสวน เชื่อมโยงแยกส่วน
ประเมิน	การสร้างและแสดงให้เห็นถึงคำตัดสินที่เกิดจากเกณฑ์	อ้างเหตุผล ประเมิน เลือกสรร ลงความเห็น วิจารณ์	ตัดสิน ประเมิน คิดเห็น แสดงเหตุผล คาดการณ์	ลำดับความสำคัญ พิสูจน์ จัดตำแหน่ง กำหนดระดับ คัดเลือก
สร้างสรรค์	การสร้างแบบแผนใหม่ด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ หรือการจัดวางชิ้นส่วนประกอบให้เกิดแบบแผนที่สอดคล้องเป็นหนึ่งเดียวกัน	ดัดแปลง สร้าง ออกแบบ พัฒนา คิดสูตร/บัญญัติ	จินตนาการ บูรณาการ ประดิษฐ์ ทำ/ก่อ ปรับเปลี่ยน	ประกอบ วางแผน คาดการณ์ ผลิต เสนอ/แนะนำ

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากการบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า และอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้

เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ จดจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่าและสร้างสรรค์

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมีดีขึ้น โดยวัดผลด้านพุทธิพิสัยในระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้และระดับการวิเคราะห์ เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5.3 เครื่องมือวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2552 อ้างอิงในวรรณภา วังคะฮาต, 2559) กล่าวว่า เครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง รูปแบบ ยุทธวิธีและเครื่องมือประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยทั่วไปมีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ เพื่อรู้จักผู้เรียน เพื่อประเมินวิธีเรียนของ ผู้เรียนและเพื่อประเมินพัฒนาการของผู้เรียน ผู้สอนสามารถเลือกใช้หรือคิดค้นวิธีการวัดและประเมินผลให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการนำผลการประเมินไปใช้เพื่อตอบสนองความต้องการ 3 ประการดังกล่าวข้างต้น การประเมินผลมีวิธีการประเมินแบบต่าง ๆ ที่ผู้สอนสามารถเลือกใช้ได้ มีดังต่อไปนี้

5.3.1 การสังเกตพฤติกรรม เป็นการเก็บข้อมูลจากการดูการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียน โดยไม่ขัดจังหวะการทำงานหรือการคิดของผู้เรียน การสังเกตพฤติกรรมเป็นสิ่งที่ทำได้ตลอดเวลา แต่ควรมีกระบวนการ และจุดประสงค์ที่ชัดเจนว่าต้องการประเมินอะไร โดยอาจใช้เครื่องมือ เช่น แบบตรวจสอบรายการ สมุดจดบันทึก เพื่อประเมินผู้เรียนตามตัวชี้วัดและควรสังเกตหลายครั้ง หลายสถานการณ์ หลายช่วงเวลาเพื่อขจัดความลำเอียง

5.3.2 การสอบปากเปล่า เป็นการให้ผู้เรียนได้แสดงออกด้วยการพูด ตอบประเด็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามมาตรฐานผู้สอนเก็บข้อมูล จดบันทึก รูปแบบการประเมินนี้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันโดยตรง สามารถมีการอภิปราย โต้แย้ง ขยายความปรับแก้ไขความคิดกันได้

5.3.3 การพูดคุย เป็นการสื่อสาร 2 ทางอีกประเภทหนึ่งระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน สามารถดำเนินการเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ โดยทั่วไปมักใช้อย่างไม่เป็นทางการเพื่อติดตามตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพียงใด

5.3.4 การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ เป็นรูปแบบการบันทึกการเขียนอีกรูปแบบหนึ่งที่ให้ผู้เรียนเขียนตอบคำถามของครู ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับความรู้ ทักษะที่กำหนดในตัวชี้วัด การเขียนสะท้อนการเรียนรู้นี้ นอกจากทำให้ผู้สอนทราบความก้าวหน้าในผลการเรียนรู้แล้ว ยังใช้เป็นเครื่องมือประเมินพัฒนาการด้านทักษะการเขียนได้อีกด้วย

5.3.5 การประเมินการปฏิบัติ เป็นวิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติงานเพื่อให้ทราบถึงผลการพัฒนาของผู้เรียน การประเมินลักษณะนี้ผู้สอนต้องเตรียมสิ่งสำคัญ 2 ประการ ส่วนแรกคือ ภาระงาน (Tasks) ที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ และส่วนที่ 2 คือ เกณฑ์การให้คะแนนการ ปฏิบัติ

5.3.6 การประเมินด้วยแฟ้มสะสมงาน เป็นการเก็บรวบรวมชิ้นงานของผู้เรียนเพื่อสะท้อนความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน โดยแฟ้มสะสมงานที่แสดงความก้าวหน้าของผู้เรียนต้องมีผลงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่แสดงถึงความก้าวหน้าของผู้เรียน

5.3.7 การวัดและประเมินด้วยแบบทดสอบ เป็นการประเมินตัวชี้วัดด้านการรับรู้ข้อเท็จจริง (Knowledge) ผู้สอนควรเลือกใช้แบบทดสอบตรงตามวัตถุประสงค์ของการวัดประเมิน เช่น แบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบจับคู่ แบบทดสอบเติมคำหรือข้อความ แบบทดสอบการเขียนบรรยาย เป็นต้น ทั้งนี้แบบทดสอบที่จะใช้ต้องเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ มีความเที่ยงตรง (Validity) และเชื่อมั่นได้ (Reliability)

5.3.8 การประเมินด้านความรู้สึกนึกคิด เป็นการประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม คุณลักษณะ และเจตคติที่ควรปลูกฝังในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลเป็นลำดับขั้นจากต่ำสุดไปสู่สูงสุด

5.3.9 การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จึงควรใช้การประเมินการปฏิบัติ (Performance Assessment) ร่วมกับการประเมินด้วยวิธีการอื่น ภาระงานควรสะท้อนสภาพความเป็นจริงหรือใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากกว่าเป็นการปฏิบัติกิจกรรมทั่ว ๆ ไป ดังนั้น การประเมินตามสภาพจริงจะต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลไปด้วยกัน และกำหนดเกณฑ์การประเมิน (Rubrics) ให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับชีวิตจริง

จากการศึกษาเครื่องมือการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าในการวัดและประเมินผลด้านการศึกษานั้น จะใชเครื่องมือใดในการวัดประเมินต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของจุดประสงคการศึกษาและแนวทางการจัดประสบการณการเรียนรู้ ซึ่งเครื่องมือที่ใชวัดและประเมินผลการเรียนรูมีหลายลักษณะแต่ละชนิดมีทั้งขอดีและขอจำกัดแตกต่างกันไปตามการใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้แก่ การวัดและประเมินด้วยแบบทดสอบ

5.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.4.1 ความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Ross and Stanley (1967) กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถทางวิชาการ เช่น แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์

Gronlund and Norman (1993) กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นกระบวนการเชิงระบบเพื่อวัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยหน้าที่หลักสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

Puckett and Black (2000) กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วหรือเป็นทักษะที่ผู้เรียนได้รับจากการสอนและ การฝึกฝนมาแล้วว่าผู้เรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

อารีย์ วชิรวราการ (2542) กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของคำถามที่วัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนในด้านความรู้ ทักษะที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากภายในโรงเรียนและภายนอกโรงเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าสามารถบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวถึง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระตามวัตถุประสงค์ของวิชา โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ในโรงเรียนที่ผ่านการเรียนมาแล้วว่ามีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า หมายถึง ข้อคำถามที่ใช้วัดความรู้ ทักษะโดยเน้นที่ความสามารถทางวิชาการของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ไปแล้ว ในเนื้อหาสาระต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา

5.4.2 จุดมุ่งหมายของการวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดมุ่งหมายของการวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นการกำหนดขอบเขตหรือขอบข่ายของครูผู้สอนว่าจะใช้ประเด็นใดในการวัดและประเมินนักเรียน เพื่อให้เหมาะสมกับแนวการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้มีนักวิชาการหลายท่านได้นิยามจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

สมจิต จันทร์ฉาย (2557) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เพื่อนำผลการประเมินไปปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้ผู้สอนทราบจุดอ่อนจุดแข็งของนักเรียนได้อย่างเหมาะสม เพื่อนำผลไปปรับปรุงหลักสูตรและประสิทธิภาพของผู้สอน

โชติกา ภาษีผล และคณะ (2558) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1) การวัดและประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่ง
2) การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือก
3) การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัย
4) การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบ
5) การวัดและประเมินผลเพื่อพยากรณ์
6) การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินค่า

จากที่การศึกษาสามารถสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อการนำผลการประเมินไปปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อทราบจุดแข็ง-จุดอ่อนของนักเรียน นำไปปรับปรุงหลักสูตรและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ

5.4.3 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543) ได้อธิบายถึงแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด โดยมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนเขียนตอบกับให้นักเรียนปฏิบัติจริงซึ่งมี 2 แบบ คือ

1.) แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่ดำเนินการสอบแบบมาตรฐานการแปลคะแนนก็เป็นมาตรฐาน สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาและยอมรับในคุณภาพที่สามารถยายอิงสู่ประชากรได้ การดำเนินการในการใช้แบบทดสอบมาตรฐานนี้ต้องทำตามคู่มือทุกอย่างไม่ว่าการแจก การอธิบาย การใช้เวลา การตรวจและการแปลคะแนนของข้อสอบ

2.) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบจำลองสร้างตามจุดประสงค์ของครูที่สอนเป็นคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน ซึ่งเป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บกพร่องในส่วนใดจะได้ซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดความรู้เพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู บางฉบับอาจจะไม่ได้ทดลองสอบมาก่อน กลุ่มตัวอย่างไม่คลุมประชากร การดำเนินการสอบจึงยังไม่ได้มาตรฐานแก้ไขได้ทุกระยะ ครูผู้สอนไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบ แบบทดสอบที่ครูสร้างนี้จึงเชื่อถือได้น้อยกว่าแบบทดสอบมาตรฐาน

แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นนี้จะมีวิธีการในการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกัน เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้านเหมือนกัน ดังนี้

1) วัดด้านการนำไปใช้

2) วัดด้านการวิเคราะห์

3) วัดด้านการสังเคราะห์

4) วัดด้านการประเมินค่า

ไพศาล วรคำ (2559) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบตามการตรวจให้คะแนน สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1.) แบบทดสอบปรนัย (Objective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2.) แบบทดสอบอัตนัย (Subjective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำหรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่นแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

3.) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified subjective test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

บุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.) แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2.) แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนตามโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

จาการศึกษางานวิจัยจึงสรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนก โดยถ้าแบ่งตามการสร้างจะได้แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น หากจำแนกตามการตรวจให้คะแนน จะจำแนกได้เป็นแบบทดสอบปรนัย ซึ่งการตรวจให้คะแนนจะไม่ขึ้นอยู่กับผู้ให้คะแนน แบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ซึ่งการให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยจะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคนและหากจำแนกตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน สามารถจำแนกได้เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ว่ามีความรู้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ แบบทดสอบอิงกลุ่ม เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ของแต่ละบุคคลว่ามีความรู้อยู่ระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

จงกล บุญรอด (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE 2.) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม จังหวัดนครศรีธรรมราช เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1.) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 2.) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70

พัณนิดา มีลาและร่มเกล้า อาจเดช (2560) ได้ศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired samples t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า 1.) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 2.) ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สได้

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เปรียบเทียบมโนทัศน์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน EIMA และ 2.) วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน EIMA กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดพระมหาธาตุ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA, แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวันและแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest–posttest design) ผลการศึกษาพบว่า 1.) นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2.) นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 85.14 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายใน 8 หัวข้อเรื่องที่เรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก

กฤติยา จงรักษ์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานโดยเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนผดุงนารี จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบการคิด

วิเคราะห์ ผลการวิจัยปรากฏว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.71/75.20 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คนของโรงเรียนธนาคารออมสินซึ่งอยู่ในกลุ่มโรงเรียนขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พงศกร เผือกสกุล (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เพื่อศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และ 2.) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์ในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนตร์ แบบบันทึกการสะท้อนผล แบบประเมินการคิดวิเคราะห์การนำเสนอแบบจำลอง และใบบันทึกกิจกรรม ผลการศึกษาพบว่า การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับดี

พัชรี นาคผง (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD กับเกณฑ์ร้อยละ 80 และ 2) เปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โรงเรียนวัดทุ่งคอก (สุวรรณสาธุกิจ) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD 2) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ 3) แบบสอบถามความคิดเห็น ผลการศึกษาพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

วันชัย พุแคและวาสนา กีรติจำเริญ (2562) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหน่วยการเรียนรู้พอลิเมอร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค Cause and Effect การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนและ 2.) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทพสถิตวิทยา จังหวัดชัยภูมิ จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า 1.) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2.) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกศินี ศรีวรรณา (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีโดยใช้การสร้างความรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านการคิดวิเคราะห์ผ่านการประเมินชิ้นงานแผนผังความคิดและแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้คำถามเชิงคิดวิเคราะห์ ส่วนการประเมินจิตวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนหลังการทดสอบของนักเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนการทดสอบที่ระดับ .05 อย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มทดลองบรรลุผลในการเพิ่มการคิดวิเคราะห์และมีจิตวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้รับการแก้ไขและลดน้อยลง และเทคนิคที่ใช้กิจกรรมเป็นที่น่าสนใจ สนุกสนานและเสริมแรงใจให้กับนักเรียน

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison and Treagust (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือเพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงบทบาทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2-4 จำนวน 228 คน ในประเทศออสเตรเลีย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองหรือ Students' Understanding of Models in Science (SUMS) ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนแนวคิดเชิงนามธรรม และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้พวกเขาพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาและประเมินผลเครื่องมือวัดความเข้าใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการให้ความสำคัญกับการสอนโดยใช้แบบจำลองเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

Schwarz and Gwekwerere (2006) ได้ทำศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะ (Guided inquiry) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะ (Guided inquiry) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ของครูฝึกสอนชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูฝึกสอนจำนวน 24 คน ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่สอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน แบบจำลองที่นักเรียนสร้าง แบบสัมภาษณ์นักเรียนและแบบบันทึกหลังสอนของครูฝึกสอน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA สามารถช่วยให้ครูผู้สอนสามารถสร้าง สังเคราะห์และนำความรู้ไปปรับใช้กับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นแบบจำลอง ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้วแสดงผ่านการสร้างเป็นแบบจำลอง

Primo et al. (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 72 คน ซึ่งเก็บรวบรวบข้อมูลเชิงคุณภาพจากการเขียนตำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสมุดบันทึกของนักเรียน โดยพิจารณาองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐานและการให้เหตุผล ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในบริบทการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 18 ของนักเรียนทั้งหมดในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบครบทั้ง 3 องค์ประกอบของ

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมดในการสร้างคำอธิบายที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างเพียงอย่างเดียว

Saribas and Gonca Akdemir (2018) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่มีผลต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนแห่งหนึ่งในเมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสร้างแบบจำลองและแบบบันทึกหลังสอน จากผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมจากใบบันทึกกิจกรรมการทดลองของนักเรียนเผยให้เห็นถึงความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนบางส่วนมีการตีความผิดเมื่อหลักฐานที่สืบค้นไม่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งนำไปสู่การสร้างคำอธิบายที่ผิดและนักเรียนมีการใช้เกณฑ์ในการประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งที่มาของหลักฐาน

Lehmkuhl-Dakhwe (2018) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมเรียนตามรูปแบบ EIMA ไปประยุกต์ใช้ในวิชาสอนที่รวมวิชาคอมพิวเตอร์และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองที่ใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์และทักษะการคิดเชิงคำนวณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในเมืองซานโจเซ่ ประเทศสหรัฐอเมริกา จากผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคลื่นดิจิตอลและคลื่นอนาล็อกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุนได้ และนักเรียนให้ความสำคัญกับการสำรวจ ประเมินและแก้ไขการสร้างแบบจำลองที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้แบบจำลองสามารถใช้สื่อสาร อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางวิทยาศาสตร์ได้

Nuroso et al., (2018) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศอินโดนีเซีย จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เรียกว่า ICAE (Incubation, Collection of data, Analysis and Evaluation) เกิดจาก การปรับเปลี่ยนขั้นตอนในรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และได้รับการตอบสนองเชิงบวกจากนักเรียน

Prastiwit and Laksono (2018) ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังเรียนเรื่อง ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถามความคิดเห็นและแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ชนิดปรนัยจำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์โดย

แยกแยะแนวคิดเคมี 2) การจัดระเบียบปัญหามีโดยใช้ความรู้ความเข้าใจในวิชาเคมี 3) การวิเคราะห์กลยุทธ์และและการประยุกต์ใช้ความรู้ในวิชาเคมี และ 4) การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์โดยใช้แนวคิดเคมี ผลการวิจัยพบว่า การคิดวิเคราะห์เรื่อง ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี ในแต่ละด้านเท่ากับ 66.11%, 52.73%, 52.77% และ 49.46% ตามลำดับ

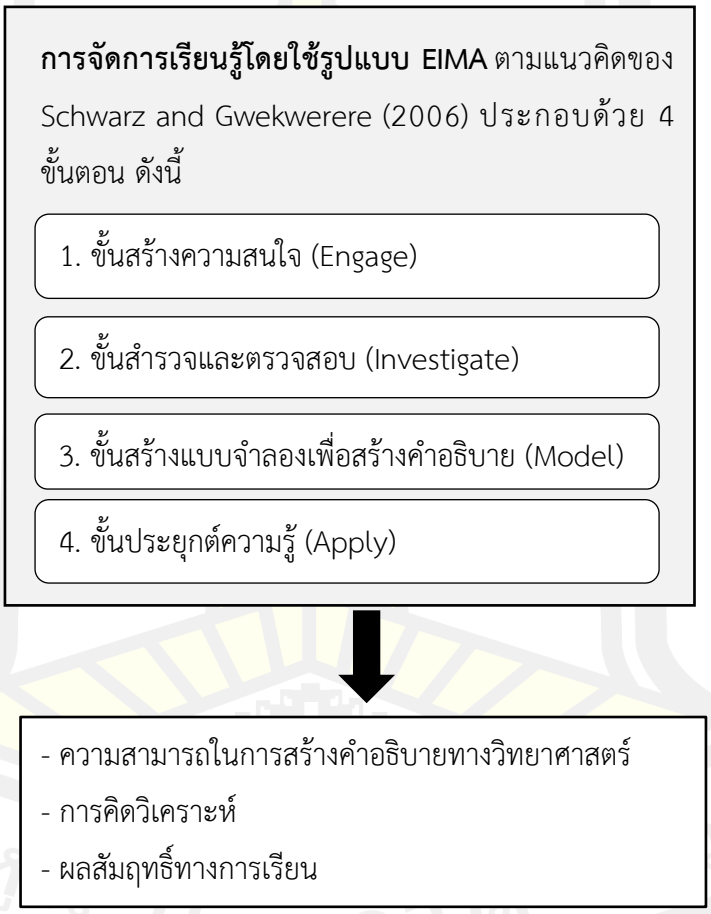
Perdana et al., (2019) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดวิเคราะห์กับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค Interactive CK 12 Simulation กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 28 คนในเมืองยอร์กจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย จากผลการศึกษาพบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนค่อนข้างต่ำ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค Interactive CK 12 Simulation สามารถพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดวิเคราะห์และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Maria Wendy M. Solomo (2020) ได้ศึกษาการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีด้านพุทธิพิสัยระดับความเข้าใจ การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังตรวจสอบปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักเรียน โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น กลยุทธ์ของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองและการมีส่วนร่วมของนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านระดับการประยุกต์โดยในส่วนของการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย นักเรียนในกลุ่มทดลองได้ค่าเฉลี่ย 11.74 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 8.66 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารได้ ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ด้านพุทธิพิสัยระดับการประยุกต์ใช้จึงเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารหรือปรากฏการณ์ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นจนสามารถนำมา

สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ส่วนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสามารถพัฒนาได้ด้วยการสอนซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างกัน การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถคิดหาเหตุผลด้วยตนเองด้วยวิธีที่หลากหลายทั้งการใช้กระบวนการกลุ่ม การอภิปรายกลุ่ม การอภิปรายโดยใช้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์จำลอง ซึ่งทุกวิธีต้องการให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ตามมาตรฐานการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่จะต้องเผชิญในอนาคตต่อไปได้

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) โดยมีการดำเนินการวิจัยโดยมีประเด็นหัวข้อนำเสนอ ดังนี้

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

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 6 ห้อง จำนวน 204 คน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ จากผลการใช้เกรดเฉลี่ยรายวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้สถิติทดสอบ F-test พบว่า ประชากรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ห้อง จำนวน 204 คน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Between Groups	1.021	5	.204	.426	.830
Within Groups	94.787	198	.479		
Total	95.808	203			

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 34 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส จำนวน 8 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

แผนการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี

แผนการเรียนรู้ที่ 2 ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

แผนการเรียนรู้ที่ 3 คู่กรด-เบส

แผนการเรียนรู้ที่ 4 การแตกตัวของกรดแก่-เบสแก่

แผนการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน

แผนการเรียนรู้ที่ 6 สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน

แผนการเรียนรู้ที่ 7 การไทเทตสารละลายกรด-เบส

แผนการเรียนรู้ที่ 8 สมบัติและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

2.2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส

3. การสร้างและคุณภาพเครื่องมือ

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 และหนังสือคู่มือครู

3.1.2 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA และศึกษาเอกสาร หนังสือ ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เพื่อกำหนดแนวทางการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

3.1.3 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในแต่ละแผนมีรายละเอียดประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผล เอกสารอ้างอิง และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ หน่วยเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้และชั่วโมงเรียน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส	ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี	1. ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H_3O^+) ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) 2. ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอน (H^+) แก่สารอื่นและเบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอน (H^+) จากสารอื่น นิยามกรดและเบสของเบรินสเตด-ลาวรีสามารถอธิบายความเป็นกรดของ NH_4Cl และความเป็นเบสของ CH_3COONa ซึ่งในโมเลกุลไม่มี H^+ หรือ OH^- แต่เมื่อละลายน้ำแล้วได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดและเบส	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่เป็นกรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรีได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการแตกตัวของกรด-เบสจากทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	2
	ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส	ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากสารอื่น เรียกว่า กรดลิวอิส (Lewis acid) และเบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับสารอื่น เรียกว่า เบสลิวอิส (Lewis base)	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่เป็นกรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้	1

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
(ต่อ)	ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส (ต่อ)		- นักเรียนสามารถทำนายว่าสารตัวใดเป็นกรดหรือเบสจากสมการเคมีโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี	คู่กรด-เบส	เมื่อพิจารณาตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี จะพบว่า สารที่ทำหน้าที่เป็นกรด เมื่อให้ H^+ ไปแล้ว อนุภาคที่เหลืออยู่จึงสามารถทำหน้าที่เป็นเบสรับ H^+ จากสารอื่นได้ และเรียกเบสที่เกิดขึ้นว่า คู่เบสของกรด หรือคู่เบส (conjugate base) ส่วนสารที่ทำหน้าที่เป็นเบส เมื่อรับ H^+ จากสารอื่นมาแล้ว อนุภาคที่เหลือจะมี H^+ เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงสามารถทำหน้าที่เป็นกรดให้ H^+ แก่สารอื่นได้ และเรียกกรดที่เกิดขึ้นว่า คู่กรดของเบส หรือคู่กรด (conjugate acid)	- นักเรียนสามารถระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้ - นักเรียนสามารถทำนายว่าจากสมการเคมีที่กำหนดให้สารตัวใดเป็นคู่กรด-คู่เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	2

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
3. คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส	การแตกตัวของกรดแก่-เบสแก่	กรดแก่และเบสแก่ เมื่อละลายน้ำเป็นสารละลายจะแตกตัวเป็นไอออนได้หมด ดังนั้นเมื่อกรดแก่หรือเบสแก่ละลายน้ำจึงมีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถเขียนสมการเคมีในรูปทั่วไปได้ดังนี้ $HX\ (aq) \rightarrow H^+\ (aq) + X^-\ (aq)$ หรือ $HX\ (aq) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+\ (aq) + X^-\ (aq)$ โดย กรดแก่ ที่ควรทราบ ได้แก่ $HClO_4$, HI, HBr, HCl, HNO_3 และ H_2SO_4 ส่วนเบสแก่ ที่ควรทราบ ได้แก่ LiOH, NaOH, KOH, CsOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$ และ $Ba(OH)_2$	- นักเรียนสามารถอธิบายความสามารถในการแตกตัวของกรดแก่-เบสแก่ได้ - นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ของกรดแก่-เบสแก่ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	1
	การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน	กรดอ่อนและเบสอ่อน กรดอ่อนเมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้ไม่หมด ในสารละลายจึงมีทั้งไอออนและโมเลกุลที่แตกตัวไม่หมด จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาผันกลับ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดในอัตราเท่ากัน ระบบจะเข้าสู่	- นักเรียนสามารถอธิบายความสามารถในการแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อนได้	2

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
(ต่อ)	การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน (ต่อ)	สู่ภาวะสมดุล ซึ่งสามารถเขียนสมการเคมีในรูปทั่วไปได้ดังนี้ $HA\ (aq) + H_2O\ (l) \leftrightarrow H_3O^+\ (aq) + A^-\ (aq)$ เนื่องจากการแตกตัวของกรดอ่อนในน้ำมีสมดุลเกิดขึ้น จึงมีค่าคงที่สมดุลที่เรียกว่า ค่าคงที่การแตกตัวของกรด (acid dissociation constant; Ka) ดังนี้ $K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$ ส่วนเบสอ่อนเมื่อละลายน้ำแล้ว แตกตัวเป็นไอออนได้เพียงบางส่วน เช่น แอมโมเนีย (NH_3) เมื่อ NH_3 ซึ่งมีสมบัติเป็นเบสอ่อน เมื่อละลายน้ำในสารละลายจะมี NH_4^+ และ OH^- และที่สมดุลยังมี NH_3 เหลืออยู่ ดังนั้นค่าคงที่การแตกตัวของเบส (base dissociation constant; K_b) สามารถเขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้ $NH_3\ (aq) + H_2O\ (l) \leftrightarrow NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$ $K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$	- นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ร้อยละการแตกตัว และค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อนได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน	สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน	ปฏิกิริยาสะเทิน (neutralization reaction) เป็นปฏิกิริยาเคมี ซึ่งกรดและเบสทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นเกลือ ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดและเบสอาร์เรเนียส จะให้น้ำด้วยเสมอ ดังสมการ $YOH + HX \longrightarrow XY + H_2O$ เมื่อ Y และ X เป็นไอออนบวกและไอออนลบที่มีค่าประจุเป็น +1 และ -1 ตามลำดับ XY จะเป็นเกลือที่เกิดขึ้น ตัวอย่างปฏิกิริยารูปนี้ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์กับกรดไฮโดรคลอริก โดยมีโซเดียมเป็น Y และคลอรีนเป็น X $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาข้างต้น คือ น้ำและเกลือแกง	- นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาสะเทินได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	1

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
5. ทดลองและอธิบายหลักการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส 6. คำนวณหาปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต	การไทเทรตสารละลายกรด-เบส	การไทเทรตสารละลายกรด-เบส หมายถึง กระบวนการหาปริมาณสาร โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง ซึ่งอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากันพอเ ทำให้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นหรือปริมาณของสารตัวอย่างดังกล่าวได้ การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างใช้สูตรการคำนวณ $C_1V_1 = C_2V_2$ โดย C_1=ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง V_1=ปริมาตรของสารตัวอย่าง C_2=ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน V_2=ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการไทเทรตสารละลายกรด-เบส - นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	2

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
7. อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	สมบัติและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) หมายถึง สารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือคู่เบสของกรดอ่อน หรือหมายถึงสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน หรือคู่กรดของเบสอ่อนนั้น สมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ คือ รักษาสภาพ pH ของสารละลายเอาไว้โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเติมกรดแก่หรือเบสแก่จำนวนเล็กน้อยลงไป	- นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสลงในระบบบัฟเฟอร์ได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาการทดลองสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ของสารละลายได้ - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	1
รวมทั้งหมด				**12**

3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และสาระสำคัญที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้

3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผล โดยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมให้มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการสอนแต่คาบเรียน และเพิ่มเฉลยตัวอย่างแบบจำลองที่ถูกต้องที่นักเรียนจะได้จากการทำกิจกรรมในท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.7 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล

3) นายปฏิวัติ ไชยมาตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.1.9 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2560) เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงคะแนน 4.52 - 4.69 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมากที่สุด

3.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจแล้ว นำไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยมีประเด็นในการปรับแก้ไข ดังนี้ การใช้คำถามของครูในการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ควรเป็นคำถามที่กระชับ นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอนแต่ละคาบเรียน

3.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 34 คน และปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องที่พบก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง ซึ่งผู้วิจัยนำข้อบกพร่องที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงเรื่องของเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยปรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้มีความซับซ้อนน้อยลงและปรับเนื้อหาที่ใช้สอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้แผนจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

3.1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขแล้วมาจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินและตรวจสอบแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 34 คน ในลำดับต่อไป

3.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยที่มีคำถามแบบปลายเปิด ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ (ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล) ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสร้างแบบวัดโดยปรับปรุงดัดแปลงมาใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.2.2 ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้เรื่อง กรด-เบส เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดความสามารถและกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดความสามารถ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดความสามารถที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบว่าเป็นทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีหรือลิวอิสได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนว่าเป็นทฤษฎีกรด-เบสที่นักเรียนเลือกได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	2	1
คู่กรด-เบส	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบว่าสารใดเป็นคู่กรด-คู่เบสกันได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อมาสนับสนุนสารที่เป็นคู่กรด-คู่เบสกันได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดสารที่นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างนั้นจึงเป็นคู่กรด-คู่เบสกัน	2	1
ความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบส	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนการเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดกรด-เบสจึงมีความสามารถในการแตกตัวแตกต่างกัน	2	1

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดความสามารถที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบของสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบสหลังการสะเทินได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบสได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบสได้	2	1
การไทเทตสารละลายกรด-เบส	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบของการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบสได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบสได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบสได้	2	1
สมบัติสารละลายบัฟเฟอร์	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสลงในระบบบัฟเฟอร์ได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสลงในระบบบัฟเฟอร์ได้	2	1

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดความสามารถที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
สมบัติสารละลายบัฟเฟอร์ (ต่อ)	3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสลงในระบบบัฟเฟอร์		
รวม		**12**	**6**

3.2.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส จำนวน 12 ข้อ คัดเลือกข้อคำถามนำมาใช้ 6 ข้อ แต่ละข้อจะเป็นข้อคำถามที่มีข้อมูล ตาราง หรือรูปภาพ ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีรายการประเมินทั้งหมด 3 รายการ ซึ่งดัดแปลงมาจากแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถาม
หลักฐาน	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน	ระบุหลักฐานไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างรวมทั้งไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 16 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008) (ต่อ)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2	1	0
การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานหรือระบุเหตุผลที่สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายประกอบ	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

3.2.4 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อมเกณฑ์การประเมินเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถามและเพิ่มข้อมูลในข้อคำถามบางข้อเพื่อที่จะให้นักเรียนมีข้อมูลเพียงพอในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

3.2.5 นำแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ผู้เชี่ยวชาญด้านประเมินผลและวิจัยการศึกษา

3) ดร.มังกร ศรีสะอาด วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เคมี) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

โดยแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

3.2.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของคำถามของแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คัดเลือกข้อที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้อง พบว่า แบบวัดมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถนำแบบวัดไปใช้ได้

3.2.7 นำเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละข้อให้มีความชัดเจน กระชับมากยิ่งขึ้น

3.2.8 นำเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านชุดเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008) จะประเมินเพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2.9 ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2560) เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงคะแนน 4.00 - 4.67 ซึ่งหมายถึงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมาก

3.2.10 นำแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยมีประเด็นการปรับแก้ไข ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถามและเพิ่มข้อมูลในข้อคำถามบางข้อเพื่อที่จะให้นักเรียนมีข้อมูลเพียงพอในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

3.2.11 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว พิมพ์เป็นแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความยากง่ายและค่าของแบบวัด

3.2.12 นำผลการทดสอบหาค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) โดยมีเกณฑ์ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่า 0.20 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ข้อคำถามที่คัดเลือกจำนวน 6 ข้อ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.50 - 0.61 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.34 - 0.71

3.2.13 นำข้อคำถามที่คัดเลือกไว้จำนวน 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ไพศาล วรคำ, 2562) ผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.96

3.2.14 นำแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการแก้ไขมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ตามแนวคิดของบลูม เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม (Bloom) ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ

3.3.2 วิเคราะห์ตัวชี้วัดของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดทฤษฎีของบลูม ระหว่างด้านของการคิดวิเคราะห์ จำนวนข้อที่สร้างขึ้นและจำนวนข้อที่ต้องการในการสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ

ตารางที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์กับจำนวนข้อแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

ด้าน	นิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์	จำนวนข้อ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
การวิเคราะห์ความสำคัญ	ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุสิ่งใดเป็นผล ซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ชนิด 2) การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ 3) การวิเคราะห์เลศนัย	15	10
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มีความเกี่ยวข้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ได้แก่ วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ วิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ วิเคราะห์สาเหตุของความสัมพันธ์และวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย	15	10
การวิเคราะห์หลักการ	เป็นการค้นหาโครงสร้างระบบและสิ่งของเรื่องราวและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีหลักการอย่างไร มีซึ่งการวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การวิเคราะห์หลักการประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์โครงสร้าง 2) การวิเคราะห์หลักการ	15	10
รวม		**45**	**30**

3.3.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ คัดเลือกข้อคำถามนำมาใช้จำนวน 30 ข้อ โดยสร้างให้ครอบคลุมการคิดวิเคราะห์จำนวน 3 ด้าน

3.3.4 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พร้อมเกณฑ์การประเมิน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความชัดเจน แล้วนำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้

ปรับสถานการณ์ให้มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน และสถานการณ์ควรเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นไปในวิชาเคมีที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

3.3.5 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล

3) นางบุษวรรณ บุญแนน การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

โดยแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์จะประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในด้านการคิดวิเคราะห์ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 คือ เห็นด้วย ว่าแบบวัดนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าแบบวัดนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์หรือไม่

-1 คือ ไม่เห็นด้วย ว่าแบบวัดนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

3.3.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของคำถามของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ คัดเลือกข้อที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องพบว่า แบบวัดมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถนำแบบวัดไปใช้ได้

3.3.7 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ควรปรับสถานการณ์ให้มีความกระชับมากขึ้น และตัวเลือกบางข้อมีความกำกวมควรแก้ไขให้มีความถูกต้อง ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.3.8 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้วพิมพ์เป็นแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัด

3.3.9 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมาตรวจให้คะแนน โดยตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.3.10 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มาวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกเพื่อคัดเลือกข้อที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 -1.00 ไว้ใช้ ผลปรากฏว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.23 - 0.67 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.67 - 0.85

3.3.11 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับโดยวิธีของคูเดอร์–ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson Method) ด้วยสูตร KR-20 (สมนึก ภัททิยธนี, 2558) ผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.83

3.3.12 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

3.4.1 ศึกษา หลักการ เอกสารการวัดและประเมินผล กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.2 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกำหนดจำนวนข้อแบบทดสอบ

3.4.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกำหนดจำนวนข้อแบบทดสอบ ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้และวิเคราะห์

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ (ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
ทฤษฎีกรด-เบส กรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่เป็นกรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิสได้	4	3	-	-	-	-	-	-	4	3
	นักเรียนสามารถทำนายว่าสารตัวใดเป็นกรดหรือเบสจากสมการเคมีโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้	-	-	-	-	2	2	-	-	2	2
คู่กรด-เบส	นักเรียนสามารถระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1
	นักเรียนสามารถทำนายว่าจากสมการเคมีที่กำหนดให้สารตัวใดเป็นคู่กรด-คู่เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ (ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
ความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบส	นักเรียนสามารถอธิบายความสามารถในการแตกตัวของกรดแก่-เบสแก่และกรดอ่อน-เบสอ่อน ได้	-	-	-	-	-	-	3	2	3	2
	นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ร้อยละการแตกตัวและค่าคงที่การแตกตัวของกรด-เบสได้	-	-	-	-	3	2	-	-	3	2
สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน	นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินได้	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ (ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
การไทเทตสารละลายกรด-เบส	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการไทเทรตสารละลายกรด-เบส	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต	-	-	-	-	3	2	-	-	3	2
	นักเรียนสามารถเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตสารละลายกรด-เบสได้	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2
สมบัติสารละลายบัฟเฟอร์	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารละลายบัฟเฟอร์ได้	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ (ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
สมบัติสารละลายบัฟเฟอร์ (ต่อ)	นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารละลายที่เป็นกรดหรือเบสลงในระบบบัฟเฟอร์ได้	-	-	1	1	-	-	1	1	2	2
รวมจำนวนข้อแต่ละระดับพฤติกรรมการเรียนรู้		8	6	2	2	10	8	5	4	25	20
รวมจำนวนข้อทั้งหมด										25	20

3.4.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ คัดเลือกนำมาใช้ 20 ข้อ ตามที่กำหนดไว้

3.4.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

3.4.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านชุดเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 คือ เห็นด้วย ว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยหรือไม่

-1 คือ ไม่เห็นด้วย ว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

3.4.7 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อแบบทดสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถนำไปใช้ได้

3.4.8 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังนี้ ข้อสอบควรปรับการใช้ภาษาที่ให้มีความชัดเจน หลีกเลี่ยงการใช้คำที่ทำให้เกิดความกำกวมและข้อคำนวณควรใช้ตัวเลขที่ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป

3.4.9 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว พิมพ์เป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความยากง่ายและค่าของแบบทดสอบ

3.4.10 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีของ Brennan (ไพศาล วรคำ, 2562) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อของแบบทดสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ ผล

ปรากฏว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 20 ข้อ มีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.45 - 0.79 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.48 - 0.85

3.4.11 นำข้อมูลแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (ไพศาล วรคำ, 2562) ผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส มีค่าเท่ากับ 0.89

3.4.12 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) รายละเอียดดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง

X หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการนำเครื่องมือวิจัยที่ได้ปรับปรุงแก้ไขสมบูรณ์แล้วมาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 34 คน โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำเสร็จแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.2.2 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อบกพร่องที่พบก่อนนำแผนการเรียนรู้ไปใช้จริง แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม แล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์

4.2.3 เตรียมความพร้อมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนดำเนินการทดลอง

4.2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทดลองใช้และผ่านการประเมินตรวจสอบแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4.2.5 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่สร้างขึ้น จำนวน 8 แผนการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง โดยปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

4.2.6 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดลองใช้และผ่านการประเมินตรวจสอบแล้ว

4.2.7 รวบรวมผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เพื่อนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

4.2.8 วิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน One samples t-test

5.2 วิเคราะห์ผลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ผ่านร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน One samples t-test

5.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน One samples t-test

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 ร้อยละ (Percentage) สามารถคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

6.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$\overline{\mathrm{X}} = \frac{\sum \mathrm{x}}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ $\overline{\mathrm{X}}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum \mathrm{x}$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน คะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

$\sum x$ แทน ผลรวม

6.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

6.2.1 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้องดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

6.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1) การหาค่าความยากของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{min})}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

S_H แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2) การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

k แทน จำนวนข้อในแบบวัดความสามารถ

6.2.3 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1) การหาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ คำนวณจากสูตรได้ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$p = \frac{R}{n}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนคนตอบถูก

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

2) การหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ข้อสอบเป็นรายข้อแบบอิงกลุ่ม คำนวณจากสูตรได้ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
P_H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก
P_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก
n แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

3) การค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ โดยวิธีของคูเดอร์–ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson Method) ด้วยสูตร KR-20 ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถทั้งฉบับ
n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบความสามารถทั้งฉบับ
p แทน อัตราส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น
q แทน อัตราส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น
S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

6.2.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1) การหาค่าความยาก (Item Difficulty) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำนวณจากสูตรได้ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2562)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบ
R แทน จำนวนคนตอบถูก
N แทน จำนวนคนทั้งหมด

2) การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของเบรนแนน (Brennan's Index: B-Index) คำนวณจากสูตร ได้ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$B = \frac{f_p}{\mathrm{n_p}} - \frac{f_F}{\mathrm{n_F}}$$

เมื่อ B แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนเนน

f_p แทน จำนวนคนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มผ่านเกณฑ์

f_F แทน จำนวนคนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

n_p แทน จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์

n_F แทน จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

3) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (ไพศาล วรคำ, 2562) สามารถคำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

x_i แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

6.3 สถิติทดสอบสมมติฐาน

6.3.1 การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, การคิดวิเคราะห์และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$t = \frac{\overline{\mathrm{x}} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad , df = n\text{-}1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที แบบ One Sample

$\overline{\mathrm{x}}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบหรือแบบวัดความสามารถ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อเปรียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 2) เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการวิจัย โดยมีผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกันดังนี้

t แทน ค่าสถิติทดสอบที แบบ One Sample

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นของความอิสระ

p แทน ระดับนับสำคัญทางสถิติ

μ_0 แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบหรือแบบวัดความสามารถ

2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับร้อยละ 70 ของคะแนน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

โดยผู้วิจัยได้หาคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปลายเปิด จำนวน 6 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน 3) การให้เหตุผล และผลรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่องกรด – เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ (34 คน)	% of mean	S.D.	μ_0 (70 %)	t	df	p
ข้อกล่าวอ้าง	12	10.03	83.58	1.09	8.40	8.74*	33	.000
หลักฐาน	12	9.24	76.96	0.92	8.40	5.22*	33	.000
การให้เหตุผล	12	9.09	75.74	0.93	8.40	4.30*	33	.000
ผลรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ	**36**	**28.35**	**78.76**	**2.70**	**25.20**	**6.82***	**33**	**.000**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 20 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่องกรด – เบส แบ่งตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.58 ด้านหลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.96 ด้านการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.09 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.74 และมีคะแนนผลรวมทั้ง 3 องค์ประกอบเท่ากับ 28.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.76 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบและโดยรวมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับร้อยละ 70 ของคะแนน

โดยผู้วิจัยได้หาคะแนนการคิดวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นใช้เอง เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยสร้างให้ครอบคลุมการคิดวิเคราะห์จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ 2) ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3) ด้านวิเคราะห์หลักการและผลรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test

องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์	**คะแนนเต็ม**	**$\bar{X}$ (34 คน)**	**% of mean**	**S.D.**	**μ_0 (70 %)**	**t**	**df**	**p**
ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ	10	8.03	80.29	1.24	7	4.83*	33	.000
ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์	10	7.97	79.71	1.24	7	4.55*	33	.000
ด้านวิเคราะห์หลักการ	10	7.74	77.35	1.19	7	3.61*	33	.000
ผลรวมทั้ง 3 ด้าน	**30**	**23.74**	**79.12**	**3.75**	**21**	**4.77***	**33**	**.000**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 21 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA แบ่งตามองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.29 ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.71 ด้านวิเคราะห์หลักการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.35 และมีคะแนนผลรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 23.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.12 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนการคิดวิเคราะห์จำแนกรายด้านและโดยรวมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3 ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้และระดับการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด – เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test

คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ **(34 คน)**	**% of mean**	**S.D.**	μ_0 **(70 %)**	**t**	**df**	**p**
20	15.18	75.88	2.44	14	2.81*	33	.008

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 22 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.88 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปผลได้ตามลำดับดังหัวข้อต่อไปนี้

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

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีการคิดวิเคราะห์จำแนกรายด้านและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. อภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ได้สอดแทรกการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยครูจะยกตัวอย่างสถานการณ์ ปรากฏการณ์หรือสาธิตการทดลองที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสารที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง กรด-เบส และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้วนำมาบันทึกลงในใบกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งเป็นการสร้างความสนใจให้แก่นักเรียนด้วยการใช้กิจกรรมที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและเกิดจินตนาการเพื่อให้ง่ายต่อการระบุปัญหาและหาคำตอบ อีกทั้งนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งแบบจำลองจะช่วยแสดงความคิดของนักเรียนผ่านการวาดภาพ การอธิบายภาพและการเขียนสัญลักษณ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปรากฏการณ์หรือการทดลองนั้น ๆ โดยขั้นตอนนี้เป็นการทำกิจกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสังเกตได้จากการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำเพื่อสร้างแบบจำลอง โดยนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม จากนั้นสมาชิกภายในกลุ่มนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และหลักฐาน ข้อเท็จจริงต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น รวมถึงนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งแบบบันทึกกิจกรรมที่แจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้บันทึกขณะทำกิจกรรมถูกออกแบบให้มีข้อคำถามของการระบุข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐานและการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการทำปฏิบัติการทดลองและปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการนำหลักฐานที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติ การสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและสนับสนุนแบบจำลองที่ถูกต้อง สอดคล้องกับ Schwarz and Gwekwerere (2006) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง นักเรียนจะสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และการที่ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ ส่งผลให้เกิดการโต้แย้งความรู้ภายในกลุ่ม เพื่อ

นำไปสู่ข้อสรุปของเหตุการณ์ที่จะอธิบาย ทำให้เกิดการแก้ไขผลงานเพื่อพัฒนาผลงานให้ดียิ่งขึ้นและมีความเข้าใจคงทน (สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง, 2553) แต่จากตารางการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.58 ด้านหลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.96 ด้านการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.09 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.74 จะเห็นได้ว่าด้านการให้เหตุผลมีคะแนนน้อยที่สุด เนื่องจากการให้เหตุผลนั้นนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและต้องสามารถให้เหตุผลประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง (พัณนิดา มีลาและร่มเกล้า อาจเดช , 2560) การเขียนอธิบายเพื่อให้เหตุผลที่ดีนั้นควรแสดงถึงการอธิบายจากหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ซึ่งจากการตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ตั้งไว้ ชี้ให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าหลักฐานที่ให้มานั้น สนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร สอดคล้องกับผลการวิจัยของของ Primo et al (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานและมีนักเรียนเพียงร้อยละ 18 ที่สามารถเขียนคำอธิบายได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA จึงส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ Berland and Reiser (2009) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลหลักฐาน วิเคราะห์ สังเคราะห์แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผล จะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี (2561) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 85.14 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายใน 8 หัวข้อเรื่องที่เรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีการคิดวิเคราะห์จำแนกรายด้านและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย และจากผลการดำเนินงานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง โดยครูผู้สอนคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบค้นด้วยตนเอง นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย พยายามหาข้อสรุปทำให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบจนนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ โดยครูใช้กิจกรรมที่ในการนำเข้าสู่บทเรียนไม่ว่าจะเป็นการยกตัวอย่างสถานการณ์ ปรากฏการณ์หรือการสาธิตการทดลองเพื่อให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจกล้าแสดงความคิดเห็น เกิดการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม เกิดการวิเคราะห์เหตุการณ์เพื่อเรียงลำดับความคิดอย่างถูกต้องเหมาะสมก่อนนำไปสู่การสรุปที่ถูกต้องและสามารถนำประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับเทคนิคการสอนคิดวิเคราะห์ของสุคนธ์ สิทธพานนท์ (2552) ที่กล่าวว่า แนวทางการฝึกนักเรียนให้เกิดทักษะการคิด ต้องมีการสร้างแรงจูงใจให้แก่นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้และเพื่อต่อการคิด มีการจัดบรรยากาศในห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียน มีการใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่โน้มน้าวจิตใจ เช่น การตั้งคำถาม การใช้สถานการณ์ เพื่อโยงเข้าสู่การฝึกทักษะการคิด ช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมและกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม นอกจากนี้ระหว่างการทำกิจกรรมมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้และเกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในกลุ่มซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Hendrick (1998) ที่กล่าวว่าหลักการจัดกิจกรรมที่พัฒนาความคิดจะตองส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมโดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดคุยกัน เพื่อได้ทราบความคิดเห็นของคนอื่นแล้วนำมาประเมินความคิดของตนเอง และระหว่างการจัดการเรียนการสอน นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดเพื่อกำหนดประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งการกำหนดขอบเขตข้อมูลที่ต้องการศึกษาเป็นการฝึกคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้น (วีระ สุดสังข์, 2550) รวมถึงการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ลงมือสร้างแบบจำลองจะเกิดการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์และคิดวิเคราะห์หลักการ โดยนำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำและสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดให้ ซึ่งการที่นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์นั้นสังเกตได้จากแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นจากการคิดวิเคราะห์ การจำแนกองค์ประกอบของข้อมูลเพื่อค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยอาศัยความรู้ในการอธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจในข้อมูลนั้น ซึ่งสอดคล้องกับเทคนิคการสอนคิดวิเคราะห์ของธันยวิช วิเชียรพันธ์และปวีณา จันทร์สุข (2556) ที่กล่าวว่า การช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสิ่งต่าง ๆ ได้ เป็นการช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ครูจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดเชื่อมโยงกันระหว่างสิ่งที่เรียนเนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ นอกจากนี้ต้องสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึก

ประยุกต์ใช้เนื้อหาที่เรียนในชีวิตประจำวันด้วย แต่จากตารางการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA พบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน แบ่งตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.29 ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.71 ด้านวิเคราะห์หลักการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.35 จะเห็นได้ว่าด้านวิเคราะห์หลักการมีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการคิดวิเคราะห์ด้านหลักการมีความสลับซับซ้อนมาก นักเรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้นเป็นอย่างดีประกอบกับต้องมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรี นาคผง (2564) พบว่า คะแนนที่ได้จากการวัดทักษะการคิดวิเคราะห์รวมทุกด้าน นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามองค์ประกอบโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์ด้านความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านความสัมพันธ์และด้านหลักการตามลำดับ ดังนั้นการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ทำได้โดยการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนตามขั้นตอนอย่างมีระบบ อีกทั้งรูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีขั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นหนึ่งในทักษะทางกระบวนการวิทยาศาสตร์และเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในการจัดลำดับความรู้ และกำหนดโครงสร้างของความรู้อย่างเป็นระบบ จากแนวคิดทางกายภาพหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมที่มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายความรู้และจดจำความรู้ใหม่นั้นได้ (วนินทร สุภาพ, 2561) และรูปแบบการเรียนการสอนมีขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์เพราะมีการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนนักเรียนสามารถจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองโดยสามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สามารถฝึกการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบและการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้นมีความสมเหตุสมผล (พวงผกา ปวีณบำเพ็ญ, 2560) ดังนั้นจึงช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์เมื่อเจอสภาพปัญหาว่า ปัญหานั้นต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นและนำไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพงศกร เผือกสกุล (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ พบว่า การคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับดี

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย เนื่องจาก

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีลักษณะเด่นคือ เป็นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูยกตัวอย่างสถานการณ์ ปรากฏการณ์หรือสาธิตการทดลองที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสาร โดยสุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมามีส่วนร่วมในการสาธิตการทดลองหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม ช่วยกันสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นและเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ส่งผลให้บรรยากาศในการเรียนการสอนไม่เบื่อหน่ายและนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การจัดกระทำข้อมูลและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz and Gwekwerere, 2006) โดยการสร้างแบบจำลองนั้นถือเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอแนวคิดทางกายภาพหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งในการเรียนวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรม (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์และคณะ, 2558) สังเกตได้จากการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำเร็จแล้ว จะสามารถนำแบบจำลองไปอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างสถานการณ์หรือการทดลองที่สาธิตในขั้นสร้างความสนใจ ส่วนครูมีการใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถาม เกิดการระดมความคิด การลงมือสำรวจตรวจสอบและทำให้นักเรียนรู้จักการใช้เหตุผลมาประกอบการพิจารณาการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดี สอดคล้องกับที่สุทธิชาติ เปรมกมล (2560) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองในการแสดงความคิด ความเข้าใจที่มีต่อปรากฏการณ์ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนให้สามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้นและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่มีการสร้างแบบจำลองสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maria Wendy M. Solomo (2020) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้และระดับการวิเคราะห์เพิ่มสูงขึ้นและงานวิจัยของของธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ข้อเสนอแนะ

4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

4.1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ EIMA ค่อนข้างใช้เวลาในการสอนมากกว่าการสอนแบบทั่วไป เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผล ครูผู้สอนควรวางแผนเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม

4.1.2 ครูผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จัดเรียงตามลำดับเนื้อหา และความเหมาะสมของเนื้อหาที่เหมาะกับการสร้างแบบจำประเภทต่าง ๆ และให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเลือกใช้ และสร้างแบบจำลองที่หลากหลายตามความเหมาะสม

4.1.3 ในตอนเริ่มต้นนักเรียนอาจไม่คุ้นเคย หรือไม่รู้จักแบบจำลอง ครูผู้สอนจึงควรมีการเตรียมความพร้อม เช่น อาจมีการอธิบายหรือแสดงตัวอย่างของแบบจำลอง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการสร้างและเลือกใช้แบบจำลองได้อย่างเหมาะสม

4.1.4 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ EIMA เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจึงทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและใช้คำถามถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดมากกว่าการบอกคำตอบนักเรียนไปตรง ๆ เพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มระหว่างการทำกิจกรรม

4.1.5 ในขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ครูผู้สอนควรกำหนดข้อตกลง หรือกำหนดประเด็นในการสร้างแบบจำลองให้ชัดเจน เพราะในระหว่างการปฏิบัติการสร้างแบบจำลองนักเรียนอาจคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใช้เวลามากในการตกแต่งแบบจำลองให้สวยงามมากกว่าคำนึงความเหมาะสม และความถูกต้องของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์

4.2 ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

4.2.1 ควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ EIMA ให้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้น้อยลงเพื่อให้เหมาะสมกับชั่วโมงที่เป็นคาบเดี่ยวมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้มีเวลาทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้เต็มที่

4.2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทวิจัยเชิงปฏิบัติการ ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายให้ดีขึ้น และใช้วิธีการที่จะสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงลึกกว่านี้ เช่น แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นระยะ ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กฤติยา จงรักษ์. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 9(2), 96-106.

เกศินี ศรีวรรณา. (2564). การพัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างองค์ความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 44(2), 97-109.

จงกล บุญรอด. (2558). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10(2), 238–248.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัชธฤต เกื้อทานและคณะ. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสงขลานครินท์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 17(2), 299-314.

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2563). *รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self-Assessment Report : SAR)*. กาฬสินธุ์ : โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร.

ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธันยวิช วิเชียรพันธ์และปวีณา จันทร์สุข. (2556). *รายงานโครงการพัฒนาความร่วมมือเพื่อเสริมสร้างทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชนไทยเพื่อเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียน.* กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.).

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัด

ประจวบคีรีขันธ์. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 (หน้า 1019-1028).* ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นันท์นภัส นิยมทรัพย์. (2560). *ความรู้พื้นฐานด้านการเรียนการสอน*. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2560). *วิจัยการเรียนการสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศกร เผือกสกุล. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21, 71-76.

พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์. (2562). การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 5, 65-83.

พวงผกา ปวีณบำเพ็ญ. (2560). *การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน*. ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 1(2), 62-71.

พัชรี นาคผง. (2564). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 19(1), 176 – 189.

พัณนิดา มีลาและร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 9, 1-15.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์และคณะ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์,* 1(1), 97-124.

ราตรี ยะคำ. (2560). การวิจัยปฏิบัติกรเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น

ฐาน เรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(1), 190 – 203.

วนินทร สุภาพ. (2561). ผังมโนทัศน์: เครื่องมือสำคัญสำหรับการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, 8(14), 1-14.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism)*, วารสารสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26(10), 44-46.

วันชัย พุแคและวาสนา กีรติจำเริญ. (2562). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พอลิเมอร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค Cause and Effect. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 34(2), 11-19.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2557). *การจัดทำยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เกิดความรับผิดชอบ*. รายงานทีดีอาร์ไอ, 103, 9-14.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.*

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

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

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 7(2), 1-14.

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2560). ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 12(1), 259–274.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัยพิชญทรรศน์*, 13(2), 223-232.

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง. (2553). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 14(1), 286-298.

อารีย์ วชิรวราการ. (2542). *การวัดและการประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.

Andrade, D.V., Freire, S., & Baptista, M. (2016). Constructing Scientifice Explanations: A System of Analysis for Students' Explanations. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1415-1440.

Berland, Leema & Reiser, Brian. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.

Bloom. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. *Handbook I, Cognitive Domain*. New York: Longman.

Brigandt, I. (2016). Why The Difference Between Explanation and Argument Matters to Science Education. *Science & Education*, 25(3), 251-275.

BSCS Center for Professional Development. (2008). *Developing scientific explanations.* Retrieved from: https://nanopdf.com/download/developing-scientific-explanations_pdf.

Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E Instructional Model and 21St Century Skills. *Science and Technology*, *26*(2001), 1–21.

Delen, I., & Krajcik, J. (2018). Synergy and Students' Explanations: Exploring the Role of Generic and Content-Specific Scaffolds. *International Journal of Science and Math Education*, 16, 1-21.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.

D. Saribas and Z. Gonca Akdemir. (2018). Using an Innovative Tool in Science Education: Examining Pre-Service Elementary Teachers' Evaluation Levels on The Topic of Wetlands. *International Journal of Science Education*, 41(1), 123-138.

Fosnot, C. T., & Perry, R. S. (1996). Constructivism: A Psychological Theory of Learning. *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practices*, *0*, 28.

Frank Van Steenbergen, & Tuinhof, A. (2009). Model-Based Learning and Instruction in Science. In *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.*

Gilbert, S.W., & Ireton, S.W. (2003). Understanding Models in Earth and Space Science. *Arlington*, VA: NSTA Press.

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

Harto Nuroso, Joko Siswanto and Choirul Huda. (2018). Developing a Learning Model to Promote the Skills of Analytical Thinking. *Journal of Education and Learning (EduLearn),* 775-780.

Harizal, Z.M. (2012). Analyzing of Students' Misconceptions on Acid-Base Chemistry at Senior High Schools in Medan. *Journal of Education and Practice*, 3(15), 65-74.

Harrison, Allan & Treagust, David. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education - INT J SCI EDUC*. 22. 1011-1026.

Hendrick, J. (1998). Total learning: Developmental Curriculum for the Young Child. *Prentice Hall.*

Kuhn, L. and Reiser, B. (2005). Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations. Retrieved December 28, 2017, from *American Association for the Advancement of Science*.

K. V. Lehmkuhl-Dakhwe, (2018). An Instructional Framework, Model Lessons, and Professional Learning Program for Science Standards-Aligned Computing in 4th-12th Grade Classrooms. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-5.

Lehrer, R., & Schuable, L. (2006). Cultivating Model-Based Reasoning in Science Education. *Handbook of the learning sciences*. New York, USA: Cambridge University Press.

M. N. B. Prastiwit and E. W. Laksono. (2018). The Ability of Analytical Thinking and Chemistry Literacy in High School Students Learning. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1097 012061.

Maria Wendy M. Solomo. (2020). The Use of Constructivist Approach in Enhancing the Students' Chemistry Achievement. *Journal of Advanced Research in Social Sciences*, 3(1), 9-17.

McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of research in science teaching*, 44(1), 53-78.

McNeill, L.K., Lizotte, J.D., Krajcik, J., & Marx W.R. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the learning science*, 15(2), 153- 191.

Prins, G. T., Bulte, A. M. W., van Driel, J. H., & Pilot, A. (2008). Selection of Authentic Modelling Practices as Contexts for Chemistry Education. *International Journal of Science Education,* (30)14.

Primo, R. A. M., & al., e. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583-608.

Rea-ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-oviedo, M. C. (n.d.). Chapter 2 An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. *Learning and Instruction*, 23–43.

Riki Perdana, Jumadi Jumadi and Dadan Rosana. (2019). Relationship between Analytical Thinking Skill and Scientific Argumentation Using PBL with Interactive CK 12 Simulation. *International Journal on Social and Education Sciences*, 16-23.

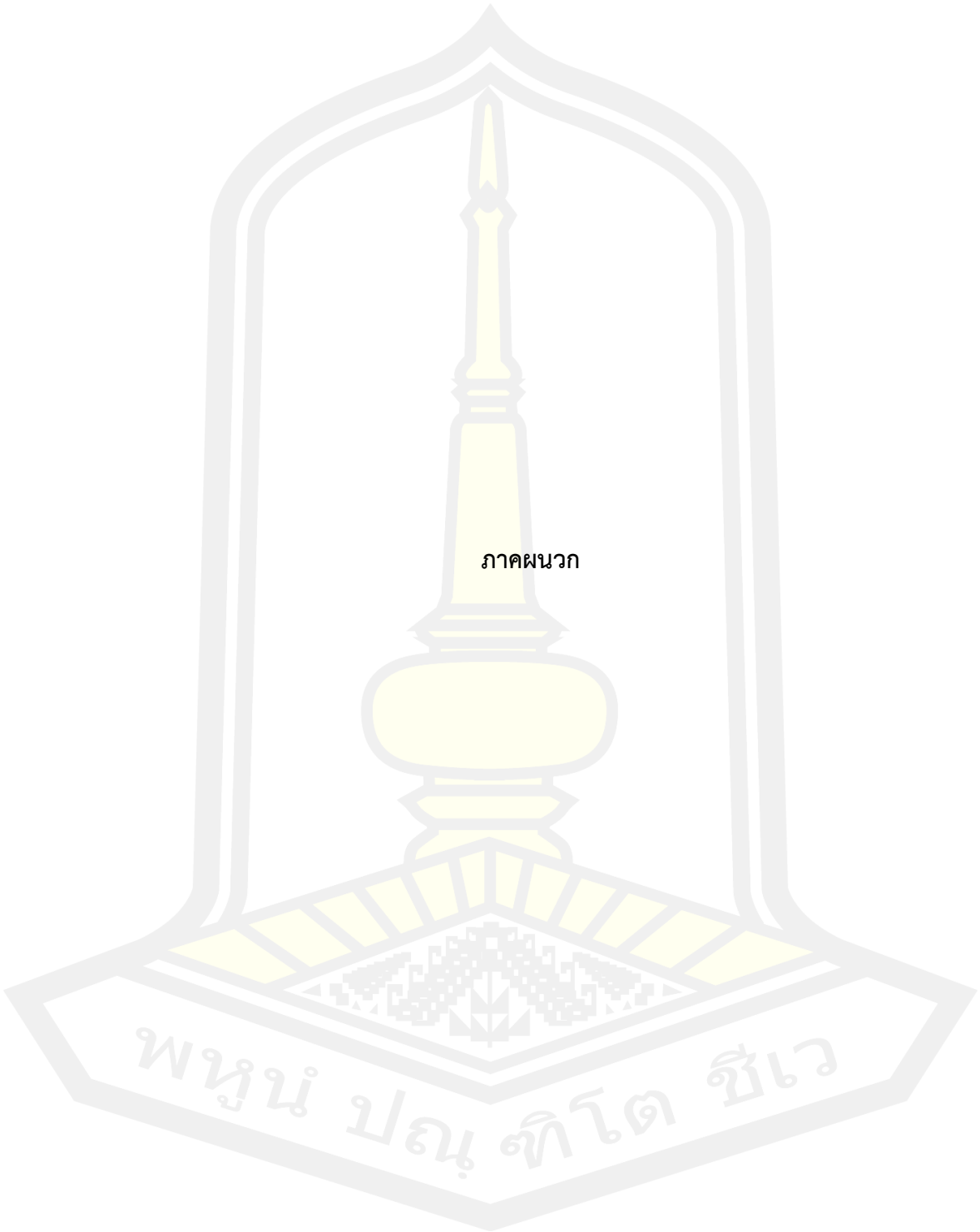
Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2006). Using A Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing A Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632–654.

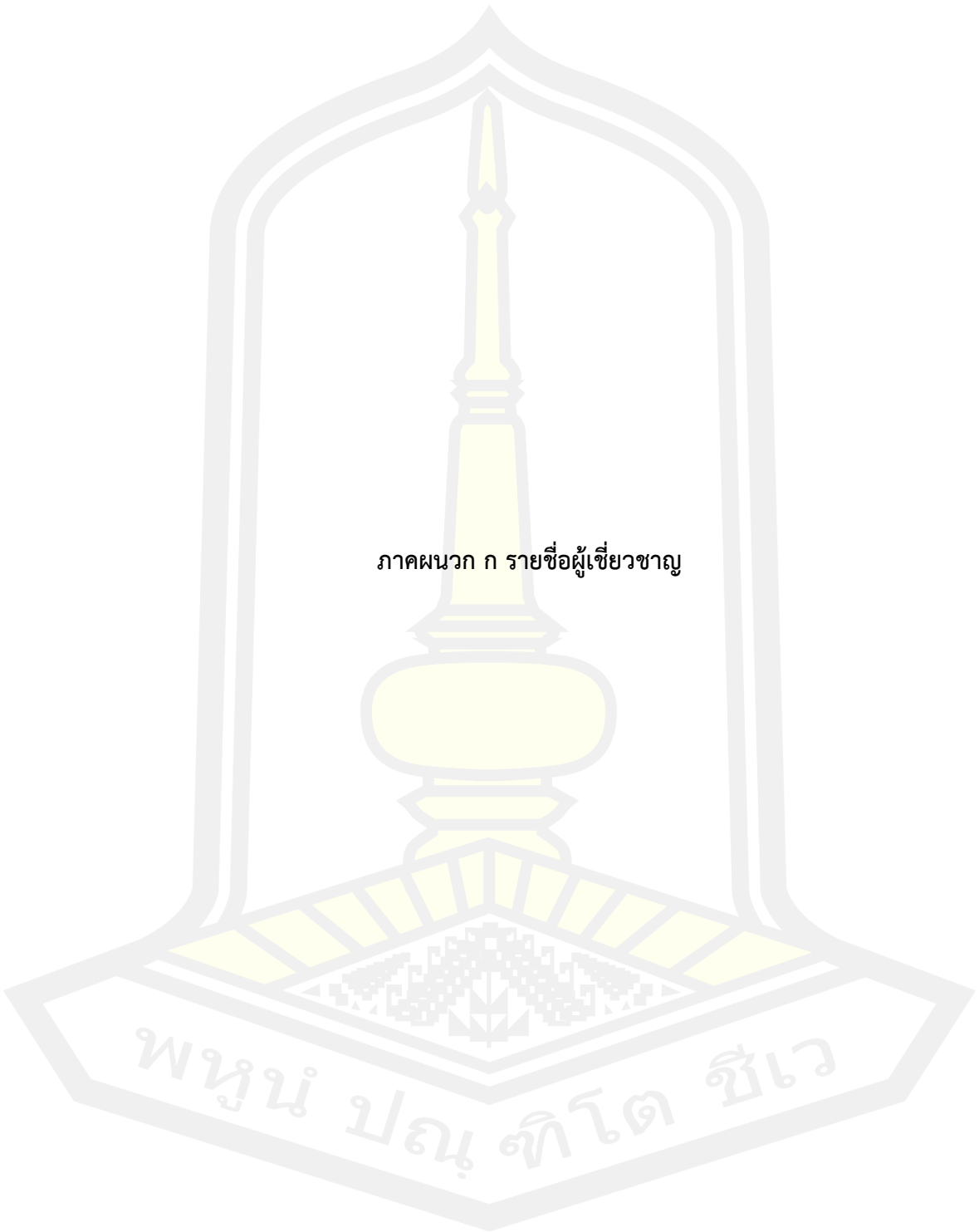
Schwarz, C., Developing Preservice Elementary Teachers' Knowledge and Practices through Modeling-Centered Scientific Inquiry. *Sci. Ed.*, 93 (2009): 720-744.

Yao X.J., & Guo Y.Y. (2017). Validity Evidence for A Learning Progression of Scientific Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(2), 299-317.

Zangori L., & Forbes T.C. (2014). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Eased Explar about Plant Processes. *Science education*, 100(6), 961-982.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

4) ดร.มังกร ศรีสะอาด วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เคมี) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6) นางบุษวรรณ บุญแนน การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์

7) นายปฏิวัติ ไชยมาตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

รหัสวิชา ว33226 เคมี 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน่วยการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง กรด-เบส

สาระการเรียนรู้เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส เวลาเรียน 1 ชั่วโมง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2564

ผู้สอน : นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม

---

1. ผลการเรียนรู้

1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส

2. สาระการเรียนรู้

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.) ด้านความรู้ (Knowledge) : นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่เป็นกรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้

2.) ด้านทักษะกระบวนการ (Process) : นักเรียนสามารถทำนายว่าสารตัวใดเป็นกรดหรือเบสจากสมการเคมีโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้

3.) ด้านพฤติกรรม (Attitude) : นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน

4. สาระสำคัญ

ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากสารอื่น เรียกว่า กรดลิวอิส (Lewis acid) และเบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับสารอื่น เรียกว่า เบสลิวอิส (Lewis base)

5. กระบวนการเรียนรู้ (จัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

5.1.1 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ (เก่ง ปานกลาง อ่อน) พร้อมแจกใบบันทึกกิจกรรมที่ 10.2 และกระดาษเปล่า

5.1.2 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี โดยใช้คำถาม ดังนี้

- ให้นักเรียนอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส *(แนวคำตอบ: กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-))*

- ให้นักเรียนอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี *(แนวคำตอบ: กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น)*

- ข้อแตกต่างระหว่างทฤษฎีของอาร์เรเนียส และเบรินสเตด-ลาวรีคืออะไร *(แนวคำตอบ: ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีใช้อธิบายสมบัติของกรด-เบสได้กว้างกว่าทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เนื่องจากพิจารณาความเป็นกรด-เบสของสารจากการถ่ายโอนโปรตอน รวมทั้งไม่จำเป็นต้องอยู่ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย)*

- ให้นักเรียนอธิบายความหมายของคำว่า คู่อิเล็กตรอน คืออะไร (*แนวคำตอบ: เวเลนซ์อิเล็กตรอนสองตัวที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะ หรือที่เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (lone pair electron) และพันธะที่เกิดขึ้นเป็นพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนซ์ (coordinate covalent bond))*

5.1.3 ครูทบทวนความรู้โดยใช้กิจกรรมการเล่นเกมส์จับคู่ โดยให้ตัวอย่างชื่อสารเคมี 10 ชื่อ ได้แก่

- สารละลายแอซิติก (CH_3COOH)
- สารละลายไนตริก (HNO_3)
- สารละลายให้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$)
- สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
- สารละลายฟอร์มิก (HCOOH)
- สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
- สารละลายคาร์บอนิก (H_2CO_3)
- สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- สารละลายแอมโมเนีย (NH_3)

จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนจัดกลุ่มเพื่อระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารที่กำหนดให้ โดยให้นักเรียนเขียนโครงสร้างโมเลกุลของชื่อสารตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด เพื่อแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของอะตอมในโมเลกุลก่อนถึงจะสามารถระบุความเป็นกรด-เบสของสารได้ แล้วสุ่มนักเรียนออกมาเขียนคำตอบบนกระดาน

5.1.4 จากนั้นครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการยกตัวอย่างกรดหรือเบสบางชนิดที่ไม่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ได้ เช่น โบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF_3) เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้สองทฤษฎีนี้ *(ข้อจำกัดของการใช้สองทฤษฎีนี้คือ BF_3 ที่ในสูตรโครงสร้างไม่มีทั้ง H^+ หรือ OH^- ในสารนั้น และสารนั้นไม่ได้อยู่ในรูปสารละลาย)*

5.1.5 ครูให้นักเรียนนักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

5.1.6 ครูกำหนดตัวอย่างสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากัน 4 ปฏิกิริยา ได้แก่

- ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่าง $AlCl_3 + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่าง $H^+ + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่าง $BF_3 + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 4 ปฏิกิริยาระหว่าง $H^+ + OH^-$

ให้นักเรียนแต่กลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับฉลาก เพื่อช่วยกันสร้างแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสมาอธิบายปฏิกิริยาที่จับฉลากได้

5.1.7 จากตัวอย่างสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากัน 4 ปฏิกิริยาข้างต้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุปัญหาที่ได้จากตัวอย่างสารตั้งต้นที่กำหนดให้และทำการบันทึกลงในแบบกิจกรรมที่ 10.2

5.1.8 สุ่มตัวแทนนักเรียนจากแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหาที่กลุ่มสนใจจะศึกษา โดยมีครูช่วยตรวจสอบว่าปัญหาที่แต่ละกลุ่มสนใจนั้นตั้งอยู่ในกรอบของปัญหาที่ครูได้กำหนดไว้ *(กรอบของปัญหา: เช่น ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสสามารถใช้อธิบายปฏิกิริยาที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่าง $BF_3 + NH_3$ ได้อย่างไร)*

5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)

5.2.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจกับตัวอย่างสารตั้งต้นที่จับฉลากได้หรือปัญหาที่กลุ่มสนใจจะศึกษาว่ามีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดในวิชาเคมีบ้าง โดยบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 10.2

5.2.2 จากการให้นักเรียนไปศึกษาหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการตั้งปัญหาจากตัวอย่างสารตั้งต้นที่กำหนดให้ ครูให้ทุกกลุ่มตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ตั้งขึ้น ครูช่วยตรวจสอบสมมติฐานของแต่ละกลุ่มโดยใช้คำถามดังนี้ (พร้อมให้นักเรียนบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 10.2)

- สมมติฐานที่กลุ่มนักเรียนเลือกมาคืออะไร *(แนวคำตอบ: จากทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ปฏิกิริยาระหว่าง $BF_3 + NH_3$ ตัว NH_3 จะทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับ BF_3 ดังนั้น NH_3 จะทำหน้าที่เป็นเบสลิวอิส และ BF_3 ทำหน้าที่เป็นกรดลิวอิส)*
- สมมติฐานที่กลุ่มนักเรียนตั้งมีความสัมพันธ์กับปัญหาที่ตั้งไว้อย่างไร

5.2.3 นักเรียนในแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันเพื่อทำการสืบค้น สำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วจดบันทึกลงในกระดาษ โดยแหล่งเรียนรู้ที่ครูเตรียมให้ เช่น

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2

- หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4

- คลิปวิดีโอเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส (Acid-Base Theories) จาก https://youtu.be/JecuOoa12gQ และ https://www.youtube.com/watch?v=mAXEmlGrgz

5.3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)

5.3.1 นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำข้อมูล และพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ในประเด็นดังนี้

- จงอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส *(แนวตอบ: กรด คือ สารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น)*

- เพราะเหตุใดทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสจึงใช้อธิบายความเป็นกรด-เบสได้ดีกว่าทฤษฎีอื่น *(แนวตอบ: เนื่องจากสารทุกชนิดมีอิเล็กตรอน จึงสามารถระบุได้ว่า เมื่อสารทำปฏิกิริยากัน สารใดให้และสารใดรับอิเล็กตรอน)*

- นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้อย่างไร

5.3.2 ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้

5.3.3 ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ตัวอย่างคำถาม

- นักเรียนใช้ข้อมูลใดบ้างมาอธิบายแบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น

- นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถอธิบายได้นักเรียนต้องมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เช่น แบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยสัญลักษณ์ที่สื่อถึงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวหรือไม่

- แบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

5.3.4 ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตัวเองหน้าชั้นเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

5.4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)

5.4.1 จากทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสที่ได้ศึกษาไปข้างต้น จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ได้แก่

1) Fe^{3+} (aq) + $6H_2O$ (l) $\rightleftharpoons$ $Fe(H_2O)_6^{3+}$ (aq)

2) Ag^{+} (aq) + $2NH_3$ (aq) $\rightleftharpoons$ $Ag(NH_3)_2^{2+}$ (aq)

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุว่าสารตั้งต้นชนิดใดเป็นกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส พร้อมให้เหตุผลประกอบ โดยให้แต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเองเข้าใจกับสมาชิกภายในกลุ่ม โดยใช้แบบจำลอง หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่นำมาอธิบาย *(แนวตอบ:*

1) Fe^{3+} (aq) + $6H_2O$ (l) $\rightleftharpoons$ $Fe(H_2O)_6^{3+}$ (aq) จากสมการที่กำหนดให้ Fe^{3+} เป็นกรด เพราะรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ส่วน H_2O เป็นเบส เพราะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และ

2) Ag^{+} (aq) + $2NH_3$ (aq) $\rightleftharpoons$ $Ag(NH_3)_2^{2+}$ (aq) จากสมการที่กำหนดให้ Ag^{+} เป็นกรด เพราะรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ส่วน NH_3 เป็นเบส เพราะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว)

- ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตัวเองหน้าชั้นเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

5.4.2 ครูกำหนดคำถามให้นักเรียนว่า วันนี้เรียนเรื่องอะไร สิ่งที่ได้จากการเรียนวันนี้หรือความรู้ใหม่ที่ได้คืออะไรบ้างให้อธิบายมาพอสังเขป

5.4.3 ครูแจกแบบทดสอบเรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ให้นักเรียนทุกคน แล้วครูสุ่มให้ตัวแทนนักเรียนออกมาเขียนคำตอบหน้ากระดาน

5.4.4 คุณครูให้นักเรียนทุกคนร่วมกันตรวจคำตอบของเพื่อน

6. สื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์

6.1 สื่อการเรียนรู้

- PowerPoint เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส
- แบบบันทึกกิจกรรมที่ 10.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส
- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2
- หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4
- คลิปวิดีโอเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส (Acid-Base Theories) จาก https://youtu.be/JecuOoa12gQ และ https://www.youtube.com/watch?v=mAXEmlGrgz

7. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้		
	วิธีการวัดผล	**เครื่องมือ**	**เกณฑ์การประเมิน**
ด้านความรู้ - นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่เป็นกรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้	การทดสอบ	แบบทดสอบ	ผ่าน 70% ขึ้นไป
ด้านทักษะกระบวนการ - นักเรียนสามารถทำนายว่าสารตัวใดเป็นกรดหรือเบสจากสมการเคมีโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสได้	การทดสอบ	แบบทดสอบ	ผ่าน 50% ขึ้นไป
ด้านคุณธรรมจริยธรรม - นักเรียนให้ความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมภายในชั้นเรียน	การสังเกตจากการทำกิจกรรม	แบบสังเกต	ระดับพอใช้ขึ้นไป

8. บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านความรู้

.....

.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ /แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....ครูผู้สอน

(นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม)

นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

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

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

ชื่อ .....ชั้น .....เลขที่.....

คำชี้แจง : แบบทดสอบประกอบด้วย แบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ และแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 1 ข้อ รวมทั้งหมด 7 คะแนน (โดยข้อที่ 1. วัดด้านความรู้ ข้อที่ 2. วัดด้านทักษะกระบวนการ)

1. จากทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส (1. วัดด้านความรู้ : 3 คะแนน)

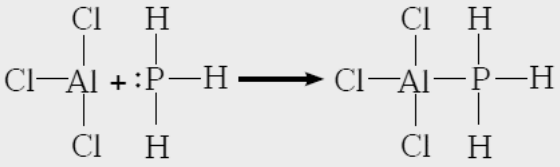
กรด คือ .....

.....

เบส คือ .....

.....

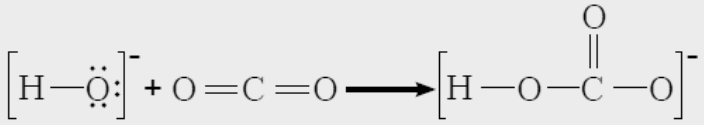
2. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมระบุว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส (2. วัดด้านทักษะกระบวนการ : 4 คะแนน)



2.1 จากสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาที่กำหนดให้ (2 คะแนน)

$AlCl_3$ ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส

PH_3 ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส



2.2 จากสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาที่กำหนดให้ (2 คะแนน)

OH^- ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส

CO_2 ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส

แบบประเมินด้านความรู้

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2564

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย √ ถ้านักเรียนได้คะแนนตามรายการประเมิน

เลขที่	**คะแนนข้อที่ 1**				**คะแนนข้อที่ 2**					**รวม**	**คิดเป็นร้อยละ**
	3	2	1	0	4	3	2	1	0		

เกณฑ์การประเมิน (ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 50% ขึ้นไป)

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ 1. วัดด้านความรู้

เกณฑ์คะแนน	ลักษณะคำตอบ
3 คะแนน	ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากสารอื่น เรียกว่า กรดลิวอิส (Lewis acid) และเบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับสารอื่น เรียกว่า เบสลิวอิส (Lewis base)
2 คะแนน	ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากสารอื่น เรียกว่า กรดลิวอิส (Lewis acid) หรือเบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับสารอื่น เรียกว่า เบสลิวอิส (Lewis base) เลือกตอบนิยามกรดหรือเบสอย่างใดอย่างหนึ่ง
1 คะแนน	ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส ให้นิยามว่า กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอน และเบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอน
0 คะแนน	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม

ข้อ 2. วัดด้านทักษะกระบวนการ ถ้านักเรียนเลือกคำตอบถูกได้ข้อละ 1 คะแนน

2.1 จากสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาที่กำหนดให้ (2 คะแนน)

$AlCl_3$ ทำหน้าที่เป็น [√] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส

PH_3 ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [√] เบสลิวอิส

2.2 จากสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาที่กำหนดให้ (2 คะแนน)

OH^- ทำหน้าที่เป็น [ ] กรดลิวอิส [√] เบสลิวอิส

CO_2 ทำหน้าที่เป็น [√] กรดลิวอิส [ ] เบสลิวอิส

แบบสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมการทำกิจกรรม

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2564

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย √ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมตามรายการสังเกต

เลขที่	รายการสังเกต																คะแนนรวม
	ตั้งใจทำกิจกรรม				รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย				ไม่ทำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรม				การทำงานร่วมกับผู้อื่น				
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	

เกณฑ์การประเมิน (ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้ขึ้นไป)

คะแนน 10-12 ระดับดีมาก

คะแนน 7-9 ระดับดี

คะแนน 4-6 ระดับพอใช้

คะแนน 0-3 ระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	คะแนน			
	3	2	1	0
ความตั้งใจทำกิจกรรม	นักเรียนไม่เล่นโทรศัพท์หรือแอบคุยเล่นกันขณะทำกิจกรรม	นักเรียนเล่นโทรศัพท์หรือแอบคุยเล่นกันขณะทำกิจกรรม 1 ครั้ง	นักเรียนเล่นโทรศัพท์หรือแอบคุยเล่นกันขณะทำกิจกรรม 2 ครั้ง ขึ้นไป	นักเรียนเล่นโทรศัพท์ แอบคุยกัน หรือหลับตลอดเวลาที่ทำกิจกรรม
รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จตามเวลา ไม่เฉื่อยชา	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จ โดยการตักเตือนจากเพื่อนในกลุ่มหรือคุณครู 1 ครั้ง	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จ โดยการตักเตือนจากเพื่อนในกลุ่มหรือคุณครู 2 ครั้ง ขึ้นไป	ไม่ทำงานที่ตนได้รับผิดชอบ
ไม่ทำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรม	ไม่ทำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับการทำกิจกรรม	นำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรมมาทำระหว่างทำการกิจกรรม 1 ครั้ง	นำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรมมาทำระหว่างทำการกิจกรรม 2 ครั้งขึ้นไป	นำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรมมาทำตลอดทำการกิจกรรม
การทำงานร่วมกับผู้อื่น	ให้ความร่วมมือในการทำการกิจกรรม	ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม แต่ต้องมีการตักเตือน 1 ครั้ง	ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม แต่ต้องมีการตักเตือน 2 ครั้งขึ้นไป	ไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 10.2

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกในกลุ่ม

1).....ชั้น.....เลขที่.....

2).....ชั้น.....เลขที่.....

3).....ชั้น.....เลขที่.....

4).....ชั้น.....เลขที่.....

5).....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนบันทึกรายละเอียดการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ตัวอย่างสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากัน 4 ปฏิกิริยา ได้แก่

- ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่าง $AlCl_3$ + NH_3
- ปฏิกิริยาที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่าง H^+ + NH_3
- ปฏิกิริยาที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่าง BF_3 + NH_3
- ปฏิกิริยาที่ 4 ปฏิกิริยาระหว่าง H^+ + OH^-

กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้ปฏิกิริยาที่ .....

- สิ่งที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

.....

.....

.....

- ปัญหาที่กลุ่มนักเรียนตั้ง

.....

.....

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)

- ปัญหาว่าที่กลุ่มนักเรียนตั้งขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดในวิชาเคมีบ้าง และมีความเกี่ยวเกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนระบุอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

. - สมมติฐานที่กลุ่มนักเรียนตั้งขึ้นคืออะไร มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่ตั้งไว้อย่างไร

.....

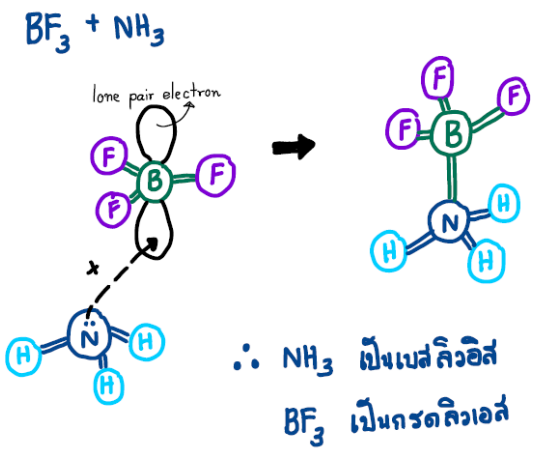
.....

.....

3. ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)

แบบจำลองที่ใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้

(ตัวอย่างแบบจำลอง)



- ข้อมูลหรือความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้ ได้แก่

.....

.....

.....

.....

- แบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)

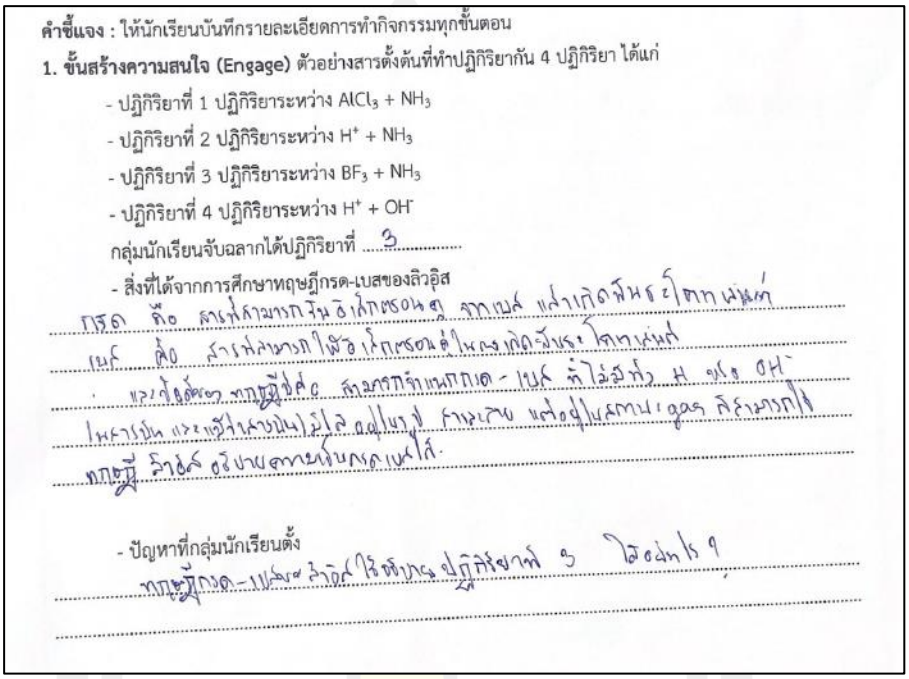
จากทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสที่ได้ศึกษาไปข้างต้น จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ได้แก่

1) Fe^{3+} (aq) + $6H_2O$ (l) $\rightleftharpoons$ $Fe(H_2O)_6^{3+}$ (aq)

2) Ag^{+} (aq) + $2NH_3$ (aq) $\rightleftharpoons$ $Ag(NH_3)_2^{2+}$ (aq)

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุว่าสารตั้งต้นชนิดใดเป็นกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส พร้อมให้เหตุผลประกอบ โดยให้แต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเองเข้าใจกับสมาชิกภายในกลุ่ม โดยใช้แบบจำลอง หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่นำมาอธิบาย

ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA



คำชี้แจง : ให้นักเรียนบันทึกรายละเอียดการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ตัวอย่างสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากัน 4 ปฏิกิริยา ได้แก่

- ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่าง $AlCl_3 + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่าง $H^+ + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่าง $BF_3 + NH_3$
- ปฏิกิริยาที่ 4 ปฏิกิริยาระหว่าง $H^+ + OH^-$

กลุ่มนักเรียนจับฉลากได้ปฏิกิริยาที่ ..3..

- สิ่งที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่ เกิดพันธะโคเวเลนต์

เบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์

และได้อีกว่า ทฤษฎีนี้ใช้ได้ สามารถจำแนกกรด-เบส ที่ไม่มี H และ OH^-

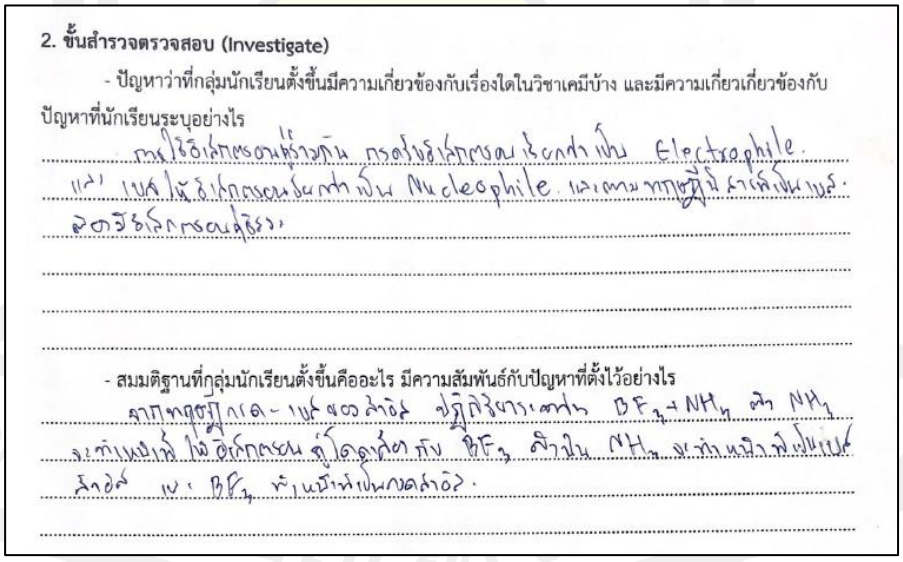
ในสารประกอบ และยังจำแนกปฏิกิริยาที่ ดำเนินไปในเฟสต่างๆ ได้ เช่น เฟสแก๊ส gas สารละลาย

ทฤษฎี อธิบายความเป็นกรดเบสได้.

- ปัญหาที่กลุ่มนักเรียนตั้ง

ทฤษฎีกรด-เบส ของลิวอิส ใช้อธิบาย ปฏิกิริยาที่ 3 ได้อย่างไร ?

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)



2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)

- ปัญหาว่าที่กลุ่มนักเรียนตั้งขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดในวิชาเคมีบ้าง และมีความเกี่ยวเกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนระบุอย่างไร

การใช้อิเล็กตรอนสร้างพันธะ กรดทำหน้าที่เป็น Electrophile

และ เบส ให้อิเล็กตรอนคู่ทำหน้าที่เป็น Nucleophile และตามทฤษฎีนี้ สารที่เป็นเบส

ต้องมีอิเล็กตรอนคู่อิสระ.

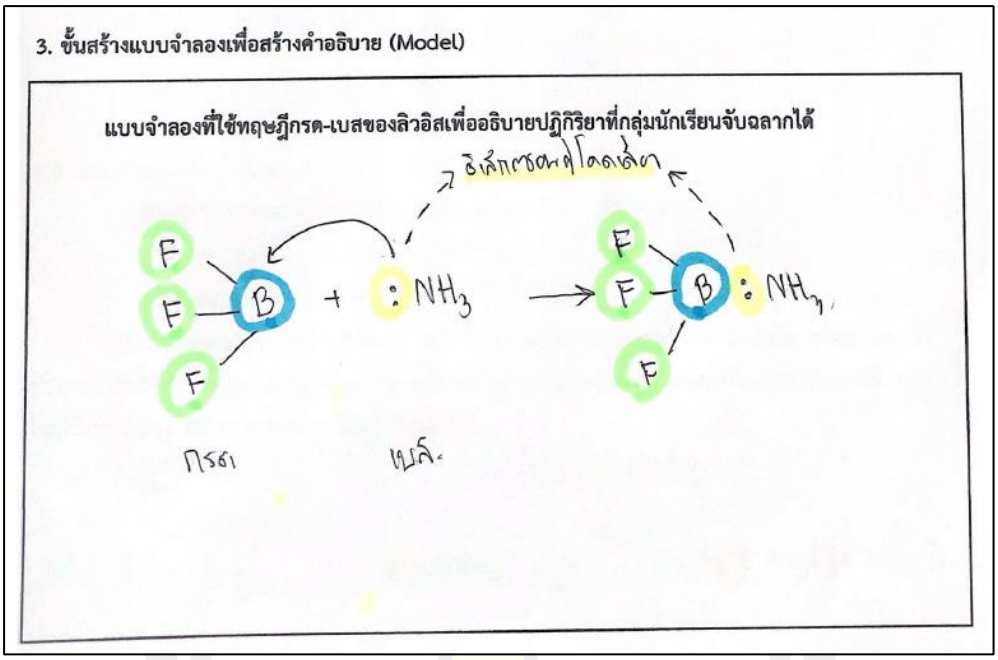
- สมมติฐานที่กลุ่มนักเรียนตั้งขึ้นคืออะไร มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่ตั้งไว้อย่างไร

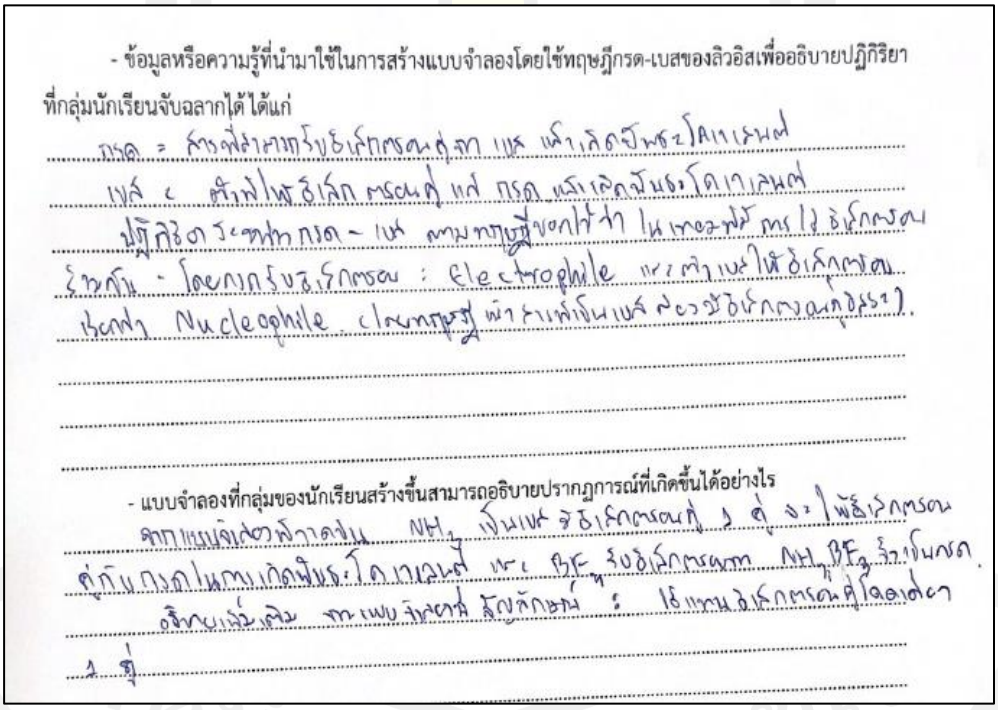
จากทฤษฎีกรด-เบส ของลิวอิส ปฏิกิริยาระหว่าง $BF_3 + NH_3$ คือ NH_3

จะทำหน้าที่ ให้อิเล็กตรอนคู่โดดร่วมกับ BF_3 เพราะใน NH_3 จะมีหนึ่งคู่ที่เป็นเบส

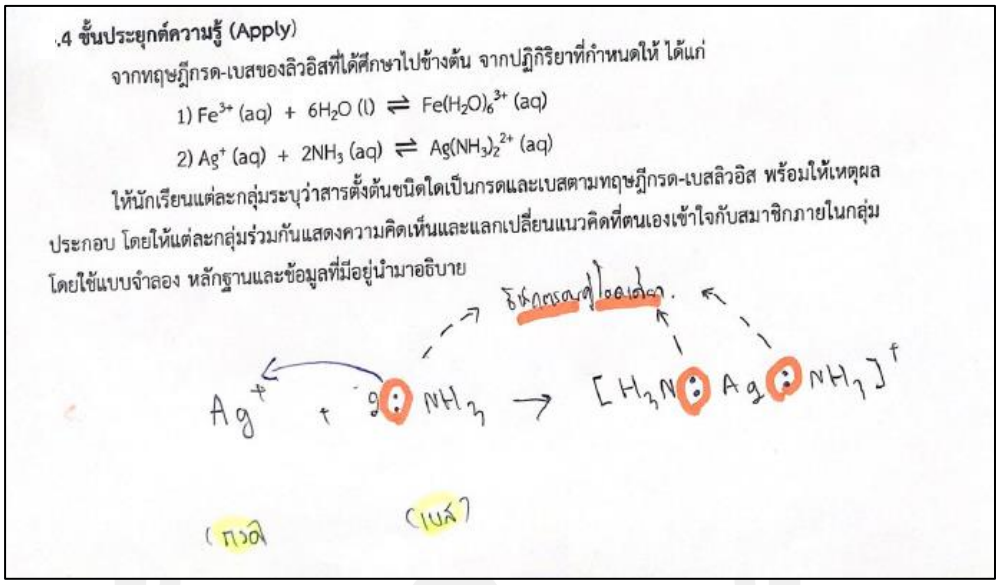
ลิวอิส และ BF_3 ทำหน้าที่เป็นกรดลิวอิส.

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 1 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)





ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)



ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างผลงานใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)

ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ลงในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระดาษคำตอบที่แจก
3. ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับอักษร ก ข ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. ข้อใดคือนิยามของเบสตามทฤษฎีกรด-เบส ของอาร์เรเนียส
   - ก. กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-)
   - ข. กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)
   - ค. กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอจากสารอื่น
   - ง. กรด คือ สารทีให้โปรตอน
2. ข้อใดคือนิยามของเบสตามทฤษฎีกรด-เบส ของลิวอิส
   - ก. กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-)
   - ข. กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)
   - ค. กรด คือ สารที่รับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากสารอื่น
   - ง. กรด คือ สารทีให้โปรตอน
3. ข้อใดคือข้อจำกัดที่สำคัญของทฤษฎีกรด-เบส ของลิวอิส
   - ก. สารที่เป็นกรดจะต้องทำปฏิกิริยากับเบส
   - ข. ในโมเลกุลของสารที่เป็นกรดต้องมีโปรตอน
   - ค. สารที่เป็นกรดหรือเบสต้องมีการรับหรือให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
   - ง. สารที่เป็นกรดหรือเบสจะต้องละลายในน้ำเท่านั้น
4. น้ำในข้อใดต่อไปนี้มีสมบัติเป็น**<u>เบส</u>** ตามทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตด-ลาวรี
   - ก. $CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \leftrightarrows HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$
   - ข. $HClO_4(aq) + OH^-(aq) \leftrightarrows ClO_4^-(aq) + H_2O(l)$
   - ค. $NH_4^+(aq) + H_2O(l) \leftrightarrows NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$
   - ง. $HS^-(aq) + OH^-(aq) \leftrightarrows S^{2-}(aq) + H_2O(l)$

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส

1. ตารางแสดงสมการการแตกตัวของกรด-เบส

การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ จะแตกตัวได้หมด 100% หมายถึง การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เป็นไอออนได้หมดในตัวทำละลาย ดังนี้

ข้อ	สมการเคมี
1.	$HClO_4\,(aq) + H_2O \rightarrow ClO^-\,(aq) + H^+\,(aq)$
2.	$NaOH\,(s) \rightarrow Na^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$
3.	$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H^+\,(aq)$
4.	$Ca(OH)_2\,(s) \rightarrow Ca^{2+}\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$

- นักเรียนคิดว่าสมการเคมีที่กำหนดให้เป็นการแตกตัวของกรด ตามทฤษฎีอาร์เรเนียส (ข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

- ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

- ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส

คำชี้แจง:

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีรายการประเมินทั้งหมด 3 รายการ ซึ่งดัดแปลงมาจากแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ คือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ

ข้อ	องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
1.	ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์ ดังนี้ สมการเคมีที่เป็นการแตกตัวของกรดคือ สมการในข้อที่ 1 และ 3	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น สมการเคมีที่การแตกตัวของกรดคือ สมการในข้อที่ 1 และ 2	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถามเช่น สมการเคมีที่การแตกตัวของกรดคือ สมการในข้อที่ 2 และ 4 ตาม
	หลักฐาน	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังนี้ จากตารางการแตกตัวของกรด-เบส สมการในข้อที่ 1 และ 3 ละลายน้ำแตกตัวให้ ให้ ไฮโดรเจนไอออน	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน เช่น จากตารางการแตกตัวของกรด-เบส สมการในข้อที่ 1 และ 3 มีไฮโดรเจนไอออน	ระบุหลักฐานไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างรวมทั้งไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น จากตารางการแตกตัวของกรด-เบส สมการในข้อที่ 2 และ 4 แตกตัวให้ให้ไฮดรอกไซด์ไอออน
	การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม ดังนี้ สมการ	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานหรือระบุเหตุผลที่สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับ	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง เช่น สมการในข้อที่ 2

ข้อ	องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
		ในข้อที่ 1 และ 3 เป็นกรดตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส เนื่องจากทฤษฎีของอาร์เรเนียสกล่าวไว้ว่า กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน	ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายประกอบ เช่น สมการในข้อที่ 1 และ 3 เป็นกรด เนื่องจากให้ไฮโดรเจนไอออน	และ 4 เป็นกรดเนื่องจากแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน

ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในแบบทดสอบและในกระดาษคำตอบที่แจกให้
3. ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับอักษร ก ข ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบ

ให้ศึกษาบทความต่อไปนี้แล้วใช้ตอบคำถามข้อที่ 1-3

อิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolyte) คือ สารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ทั้งหมดหรือเกือบหมด ทำให้ในสารละลายนั้นมีไอออนเป็นจำนวนมาก จึงนำไฟฟ้าได้ดี ได้แก่ กรดแก่ เบสแก่ และเกลือที่ละลายน้ำได้ดี

- กรดแก่ ได้แก่ HBr HI HCl $HClO_3$ HNO_3 และ H_2SO_4
- เบสแก่ ได้แก่ เบสของโลหะหมู่ IA และ IIA ยกเว้น BeO และ $Be(OH)_2$
- เกลือที่ละลายน้ำได้ดี ได้แก่ เกลือของโลหะหมู่ IA และเกลือไนเตรต เช่น Na_2CO_3 $Pb(NO_3)_2$

1. สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร (วิเคราะห์ความสำคัญ)
   - ก. การจำแนกตัวละลายในสารละลาย
   - ข. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์
   - ค. สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่
   - ง. การนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่
2. ข้อความใดกล่าวไม่ถูกต้อง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)
   - ก. การนำไฟฟ้าของสารละลายมีความสัมพันธ์กับจำนวนไอออนในสารละลาย
   - ข. อิเล็กโทรไลต์แก่เป็นสารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้หมด จึงไม่มีภาวะสมดุลเกิดขึ้น
   - ค. สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเบสจะสามารถนำไฟฟ้าได้
   - ง. สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่จะแตกตัวเป็นไอออนได้ดี จึงนำไฟฟ้าได้ดีมาก
3. ข้อใดไม่ใช่สมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ (วิเคราะห์หลักการ)
   - ก. เป็นสารละลายที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้หมด
   - ข. สารละลาย HNO_2 H_2SO_3 HClO มีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่
   - ค. สารละลาย KOH $Ca(OH)_2$ $Ba(OH)_2$ มีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่
   - ง. สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ มีสมบัติเป็นกรด เบสหรือกลางก็ได้

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้วิจัย

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA (Engage- Investigate- Model-Apply)

คำชี้แจง : แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก
ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)					
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)					
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)					
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน					
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

.....

.....

ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน ...../...../.....

ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	4	13	4.33
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	13	4.33
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	13	4.33
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	5	14	4.67
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	4	4	13	4.33
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	4	5	14	4.67
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	4	5	14	4.67
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	4	5	13	4.33
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	4	4	13	4.33
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	14	4.67
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	3	5	13	4.33
ค่าเฉลี่ย		**4.63**	**4.19**	**4.75**	**13.56**	**4.52**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	15	5.00
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	14	4.67
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	4	13	4.33
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	5	14	4.67
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	5	4	14	4.67
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	5	5	15	5.00
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	5	5	15	5.00
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	5	5	14	4.67
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	4	4	13	4.33
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	13	4.33
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	4	5	14	4.67
ค่าเฉลี่ย		**4.69**	**4.63**	**4.63**	**13.94**	**4.65**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	4	5	13	4.33
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	4	5	13	4.33
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	13	4.33
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	5	14	4.67
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	4	13	4.33
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	4	4	13	4.33
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	4	5	14	4.67
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	4	5	13	4.33
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	5	4	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	15	5.00
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	5	5	15	5.00
ค่าเฉลี่ย		**4.56**	**4.38**	**4.81**	**13.75**	**4.58**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	15	5.00
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	4	14	4.67
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	14	4.67
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	5	5	15	5.00
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	4	13	4.33
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	5	4	14	4.67
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	5	5	15	5.00
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	4	5	14	4.67
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	4	5	13	4.33
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	5	5	15	5.00
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	4	5	13	4.33
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	15	5.00
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	14	4.67
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	5	4	14	4.67
ค่าเฉลี่ย		**4.81**	**4.69**	**4.56**	**14.06**	**4.69**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	4	5	13	4.33
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	4	14	4.67
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	5	15	5.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4	12	4.00
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	4	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	4	4	13	4.33
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	5	5	15	5.00
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	4	4	4	12	4.00
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	5	5	14	4.67
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	5	5	15	5.00
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	14	4.67
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	4	5	14	4.67
ค่าเฉลี่ย		**4.63**	**4.50**	**4.69**	**13.81**	**4.60**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	4	13	4.33
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	4	13	4.33
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	4	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	15	5.00
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	13	4.33
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	5	5	15	5.00
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	4	13	4.33
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	4	4	5	13	4.33
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	4	5	14	4.67
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	4	5	5	14	4.67
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	4	4	13	4.33
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	4	13	4.33

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	13	4.33
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	3	5	13	4.33
ค่าเฉลี่ย		**4.56**	**4.44**	**4.56**	**13.56**	**4.52**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 29 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	15	5.00
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	4	13	4.33
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	13	4.33
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	5	5	15	5.00
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	5	5	15	5.00
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	5	4	14	4.67
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	5	4	5	14	4.67
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	4	5	14	4.67
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	5	5	4	14	4.67
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	4	4	13	4.33
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	5	15	5.00

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	14	4.67
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	4	3	12	4.00
ค่าเฉลี่ย		**4.81**	**4.56**	**4.56**	**13.94**	**4.65**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	5	15	5.00
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	13	4.33
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	4	13	4.33
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	5	5	15	5.00
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	4	4	4	12	4.00
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)	5	5	5	15	5.00
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)	5	5	5	15	5.00
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)	5	5	4	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	14	4.67

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	สาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	4	5	13	4.33
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	4	12	4.00
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	5	4	5	14	4.67
ค่าเฉลี่ย		**4.50**	**4.56**	**4.69**	**13.75**	**4.58**
ระดับความเหมาะสม						**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 31 แสดงสรุปผลการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยแยกเป็นรายด้าน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. สาระสำคัญ	4.60	0.06	เหมาะสมมากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.03	เหมาะสมมากที่สุด
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้	4.63	0.09	เหมาะสมมากที่สุด
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้	4.63	0.06	เหมาะสมมากที่สุด
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.60	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.59**	**0.07**	**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 32 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
		1	2	3			
1.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
2.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
3.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
4.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง

ตารางที่ 32 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ต่อ)

ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
		1	2	3			
5.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
6.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
7.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
8.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
9.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
10.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
11.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
12.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง

ตารางที่ 33 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1.	0.61	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
2.	0.55	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
3.	0.64	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
4.	0.63	ใช้ได้	0.56	ใช้ได้	ใช้ได้
5.	0.67	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
6.	0.64	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
7.	0.71	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
8.	0.56	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
9.	0.44	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
10.	0.34	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
11.	0.44	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
12.	0.47	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้

คัดเลือกข้อคำถามจำนวน 6 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.50 - 0.61 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.34 - 0.71 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.96

ตารางที่ 34 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

เกณฑ์ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ยระดับความเหมาะสมของเกณฑ์	ระดับความเหมาะสม
		1	2	3			
1.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
2.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
3.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
4.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
5.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
6.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
7.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
8.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 34 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ต่อ)

เกณฑ์ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ยระดับความเหมาะสมของเกณฑ์	ระดับความเหมาะสม
		1	2	3			
9.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
10.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
11.	ข้อกล่าวอ้าง	4	5	5	14	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	4	4	4	12	4.00	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
12.	ข้อกล่าวอ้าง	4	4	5	13	4.33	เหมาะสมมาก
	หลักฐาน	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
	การให้เหตุผล	4	5	4	13	4.33	เหมาะสมมาก
เฉลี่ยรวม		**4**	**4.56**	**4.33**	**12.89**	**4.30**	**เหมาะสมมาก**

ตารางที่ 35 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
1.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 35 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
6.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12.	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง
13.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
14.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
15.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
16.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
17.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
18.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
19.	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง
20.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
21.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
22.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
23.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
24.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
25.	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 36 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1	0.73	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.79	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.73	ใช้ได้	0.79	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.73	ใช้ได้	0.79	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.79	ใช้ได้	0.70	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.79	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.79	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.79	ใช้ได้	0.70	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.67	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.73	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.73	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.85	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.67	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.79	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.67	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.55	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.61	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.61	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.61	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.79	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.55	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.79	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.67	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.48	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.79	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้

คัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.45 - 0.79 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.48 - 0.85 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส มีค่าเท่ากับ 0.89

ตารางที่ 37 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
1.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3.	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
4.	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
5.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10.	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
11.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16.	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
17.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19.	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
20.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 37 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
21.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
23.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
25.	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
26.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
27.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
28.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
29.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
30.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
31.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
32.	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
33.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
34.	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
35.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
36.	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
37.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
38.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
39.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
40.	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
41.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
42.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
43.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
44.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
45.	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

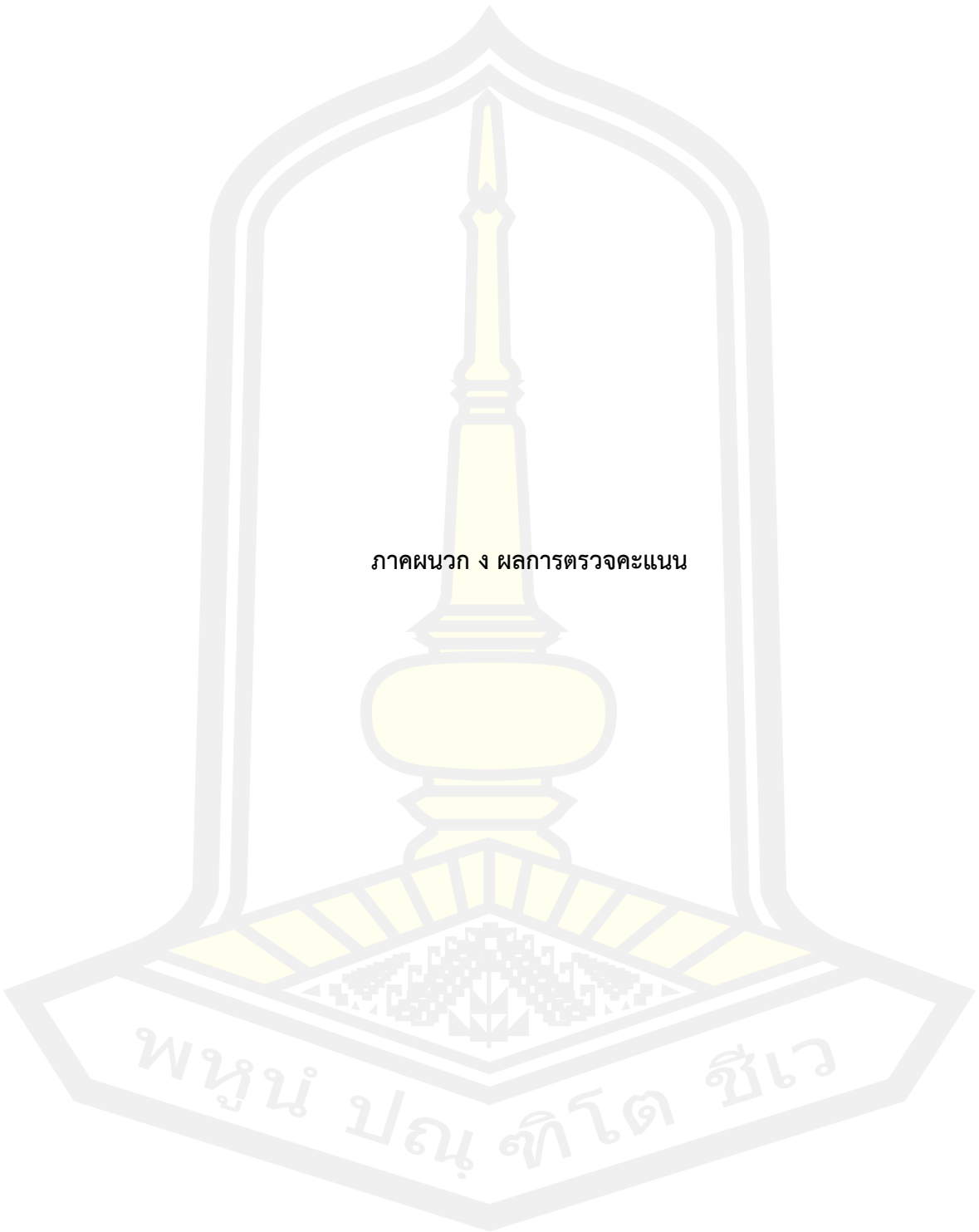
ตารางที่ 38 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1.	0.79	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
2.	0.73	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
3.	0.79	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
4.	0.82	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
5.	0.79	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
6.	0.76	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
7.	0.79	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
8.	0.76	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
9.	0.82	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
10.	0.82	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้
11.	0.79	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
12.	0.79	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
13.	0.76	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
14.	0.82	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
15.	0.79	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
16.	0.79	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
17.	0.76	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
18.	0.76	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
19.	0.70	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
20.	0.82	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้
21.	0.76	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
22.	0.79	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
23.	0.79	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
24.	0.70	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้ได้
25.	0.70	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	ใช้ได้

ตารางที่ 38 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
26.	0.76	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
27.	0.76	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
28.	0.85	ใช้ได้	0.67	ใช้ได้	ใช้ได้
29.	0.76	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
30.	0.73	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
31.	0.76	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
32.	0.70	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
33.	0.73	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
34.	0.76	ใช้ได้	0.41	ใช้ได้	ใช้ได้
35.	0.79	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
36.	0.73	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
37.	0.67	ใช้ได้	0.26	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง
38.	0.67	ใช้ได้	0.23	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง
39.	0.70	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้ได้
40.	0.73	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้ได้
41.	0.76	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
42.	0.79	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
43.	0.73	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้ได้
44.	0.76	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
45.	0.76	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้

คัดเลือกข้อคำถามจำนวน 30 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.23 - 0.67 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.67 - 0.85 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.83



ภาคผนวก ง ผลการตรวจคะแนน

ผลคะแนนการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 39 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส

คนที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (36)
	ข้อกล่าวอ้าง (12)	หลักฐาน (12)	การให้เหตุผล (12)	
1	10	10	9	29
2	12	11	10	33
3	10	9	9	28
4	10	9	9	28
5	10	10	10	30
6	11	10	10	31
7	11	10	9	30
8	11	10	10	31
9	10	9	9	28
10	10	10	10	30
11	11	10	10	31
12	8	7	7	22
13	11	10	10	31
14	9	9	9	27
15	10	10	9	29
16	11	10	10	31
17	9	9	10	28
18	12	11	10	33
19	8	8	7	23
20	11	9	9	29
21	10	9	9	28
22	12	10	10	32

ตารางที่ 39 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส (ต่อ)

คนที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			คะแนนรวม
	ข้อกล่าวอ้าง (12)	หลักฐาน (12)	การให้เหตุผล (12)	(36)
23	10	8	7	25
24	10	8	9	27
25	9	9	9	27
26	9	9	8	26
27	8	8	9	25
28	10	9	9	28
29	11	10	10	31
30	9	8	8	25
31	10	9	9	28
32	9	8	8	25
33	10	9	10	29
34.	9	9	8	26
∑X	**341**	**314**	**309**	**964**
$\bar{X}$	**10.03**	**9.24**	**9.09**	**28.35**
S.D.	**1.09**	**0.92**	**0.93**	**2.70**

ผลคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 40 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ (20)	คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ (20)
1	15.00	18	20.00
2	14.00	19	16.00
3	17.00	20	19.00
4	14.00	21	15.00
5	17.00	22	14.00
6	16.00	23	16.00
7	13.00	24	12.00
8	19.00	25	13.00
9	15.00	26	18.00
10	20.00	27	12.00
11	16.00	28	13.00
12	12.00	29	17.00
13	15.00	30	12.00
14	12.00	31	16.00
15	18.00	32	11.00
16	16.00	33	15.00
17	15.00	34	13.00
∑X	**516.00**		
$\bar{X}$	**15.18**		
S.D.	**2.44**		

ผลคะแนนการทดสอบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 41 แสดงคะแนนการคิดวิเคราะห์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA

คนที่	คะแนนการคิดวิเคราะห์			คะแนนรวม (30)
	ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ (10)	ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (10)	ด้านวิเคราะห์หลักการ (10)	
1	9	9	9	27
2	8	8	8	24
3	9	10	9	28
4	7	8	8	23
5	8	9	7	24
6	10	10	9	29
7	8	7	8	23
8	9	10	10	29
9	7	7	7	21
10	10	10	9	29
11	8	7	7	22
12	5	6	6	17
13	7	7	7	21
14	8	7	8	23
15	9	8	9	26
16	9	10	10	29
17	8	7	7	22
18	9	9	8	26
19	6	6	6	18
20	9	9	9	27
21	8	8	7	23
22	8	8	6	22

ตารางที่ 41 แสดงคะแนนการคิดวิเคราะห์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA (ต่อ)

คนที่	คะแนนการคิดวิเคราะห์			คะแนนรวม (30)
	ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ (10)	ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (10)	ด้านวิเคราะห์หลักการ (10)	
23	8	7	8	23
24	7	8	8	23
25	8	7	7	22
26	9	8	9	26
27	6	7	5	18
28	9	10	8	27
29	6	7	7	20
30	10	8	9	27
31	6	6	7	19
32	8	8	7	23
33	9	8	7	24
34	8	7	7	22
∑X	**273**	**271**	**263**	**807**
$\bar{X}$	**8.03**	**7.97**	**7.74**	**23.74**
S.D.	**1.24**	**1.24**	**1.19**	**3.34**

ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว327 วันที่ 28 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว327 วันที่ 28 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร. มังกร ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว348 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว348 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว268

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

24 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0883537901

ที่ อว 0605.5(2)/ว268

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

24 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางบุษวรรณ บุญแนน

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0883537901

ที่ อว 0605.5(2)/ว268

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

24 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายปฏิวัติ ไชยมาตร

ด้วย นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0883537901

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวจิรภัทร ศรีระอุดม
วันเกิด	18 มกราคม พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	126 หมู่ 6 บ้านผึ้ง ตำบลบุฤๅษี อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสิรินธร อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสิรินธร อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว