ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

น.ส.รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING ANALOGY STRATEGY INCORPORATED WITH 5E LEARNING CYCLE ON ANALYTICAL THINKING ABILITY AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Rattanakraw Praditduang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	น.ส.รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง : ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF USING ANALOGY STRATEGY INCORPORATED WITH 5E LEARNING CYCLE ON ANALYTICAL THINKING ABILITY AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้กลยุทธ์ด้วยแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 53 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่มีค่าความเที่ยงฉบับก่อนเรียนเท่ากับ 0.64 ฉบับหลังเรียนเท่ากับ 0.67 และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.46 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที (*t*-test) การศึกษาพัฒนาการ (normalized gain) และขนาดของผล (effect size)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5983405427 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORD: Analogy Strategy incorporated with 5E Learning Cycle / Analytical Thinking Ability / Chemistry Learning Achievement

Rattanakraw Praditduang : EFFECTS OF USING ANALOGY STRATEGY INCORPORATED WITH 5E LEARNING CYCLE ON ANALYTICAL THINKING ABILITY AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. Advisor: PARINDA LIMPANONT PROMRATANA, Ed.D. Co-advisor: Asst. Prof. PROMPONG PIENPINIJTHAM, Ph.D.

This study was quasi-experimental research using a two-group pretest-posttest design. The purposes of this study were to (1) compare the students' analytical thinking ability before and after learning by using analogy strategy incorporated with 5E learning cycle (2) compare the students' analytical thinking ability between a group learning with analogy strategy incorporated with 5E learning cycle and another group learning with 5E learning cycle and (3) compare the students' chemistry learning achievement between a group learning with analogy strategy incorporated with 5E learning cycle and another group which learning by 5E learning cycle. The population was upper secondary students of large schools in Bangkok. The sample was 100 of twelfth-grade students consisting of the experimental group with 53 students and the control group with 47 students. This research was conducted in the first semester of the academic year 2019 for 7 weeks. The research instruments were analytical thinking ability test with reliability at 0.64 for pretest, at 0.67 for posttest and chemistry learning achievement test with reliability at 0.46. The collected data was analyzed using the arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, independent sample *t*-test, and dependent sample *t*-test.

The study revealed that:

1. After learning by using an analogy strategy incorporated with the 5E learning cycle, students had an average score of analytical thinking ability higher than before learning at a 0.5 level of significance.

2. Students who learned by using analogy strategy incorporated with the 5E learning cycle had an average score of analytical thinking ability higher than those who learned by the 5E learning cycle at a 0.5 level of significance.

3. Students who learned by using analogy strategy incorporated with the 5E learning cycle had an average chemistry learning achievement score higher than those who learned by the 5E learning cycle at a 0.5 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งอาจารย์ทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างมากและอบรมสั่งสอนทั้งด้านการสอนและด้านการวิจัย รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ปริญญาโท ผู้วิจัยซาบซึ้งในความปรารถนาดีที่ได้รับรับจากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายใน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ ศรีประเสริฐ อาจารย์ประจำสาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอาจารย์และคุณครูพรลภัส เสวกะ ครูวิทยาศาสตร์โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ที่ให้ความกรุณาในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียด และให้คำแนะนำในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะครู เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาติดต่อ ประสานงาน และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณคุณครูพรลภัส เสวกะ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองใช้เครื่องมือ และคุณครูอิทธิพล ชัยเดโช ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนขอบคุณนักเรียนที่ผู้วิจัยได้ฝึกสอน ที่ทำให้เกิดแรงบันดาลใจในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาการสอน ทำให้มีทักษะประสบการณ์ในการสอนมากขึ้น รวมถึงขอบคุณนักเรียนที่ผู้วิจัยทดลองใช้เครื่องมือและนักเรียนที่ทำวิจัยจริงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 605 และ 606 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยอยู่เคียงข้าง ให้การสนับสนุนทั้งทางใจและทางกายภาพตลอดการศึกษาปริญญาโท รวมทั้งขอขอบคุณทุก ๆ คนที่คอยเป็นกำลังในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่สนับสนุนให้ผู้ที่เรียนปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ ศึกษาต่อปริญญาโท คณะครุศาสตร์ รวมถึงการทำวิจัยในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญแผนภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1
คำถามวิจัย 5
วัตถุประสงค์ 5
สมมติฐานการวิจัย 6
นิยามเชิงปฏิบัติการ 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle) 12
1.1 แนวคิดและนิยามของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E 12
1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้ 5E 14
1.3 ขั้นตอนกิจกรรมของวงจรการเรียนรู้ 5E 14
2. การเรียนรู้การใช้กลยุทธ์แนวเทียบ (Analogy Strategy learning) 16
2.1 ความสำคัญของการใช้แนวเทียบ 16
2.2 แนวคิดและนิยามของการใช้แนวเทียบ 17
2.3 รูปแบบของการใช้แนวเทียบ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ข้อควรระวังในการจัดเรียนรู้โดยใช้แนวเทียบ 20
3. กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Analogy Strategy Incorporated with 5E Learning Cycle) 21
3.1 ทฤษฎีและความสำคัญของการเรียนรู้แบบกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจร การเรียนรู้ 5E 21
3.2 แนวคิดของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 22
4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability) 27
4.1 ลักษณะสำคัญของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 27
4.2 แนวคิดและความหมายของการคิดวิเคราะห์ 29
4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ 32
4.4 แนวทางในการวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 39
4.5 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 40
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement) 44
5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 44
5.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 45
5.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 51
6. การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ 53
6.1 ความตรงของเนื้อหารายข้อ (Item Content Validity) 53
6.2 ระดับความยาก (Level of Difficulty) 54
6.3 อำนาจจำแนก (Power of Discrimination) 55
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ 59
7.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 59
7.2 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 60
7.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แนวเทียบ 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. กรอบแนวคิดในการวิจัย 63
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 64
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 64
2. รูปแบบการวิจัย 65
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 66
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 67
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 92
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 93
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 95
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 95
ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 99
ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 102
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 107
สรุปผลการวิจัย 108
อภิปรายผล 108
ข้อเสนอแนะ 122
บรรณานุกรม 126
ภาคผนวก 135
รายการภาคผนวก 136
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 137
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 138

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 175

ประวัติผู้เขียน 189

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 25

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการใช้กลยุทธ์แนวเทียบผนวกกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 26

ตารางที่ 3 ความสอดคล้องขององค์ประกอบการคิดวิเคราะห์ของนักการศึกษาแต่ละท่าน 38

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงระหว่างแนวคิดของ Bloom และ Revised Bloom 48

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ Klopfer (1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) 52

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5E 68

ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Orgill & Thomas, 2007) 70

ตารางที่ 8 กำหนดมโนทัศน์และสร้างแนวเทียบที่สอดคล้องกันในเรื่องเคมีอินทรีย์ 73

ตารางที่ 9 แผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาว 75

ตารางที่ 10 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 81

ตารางที่ 11 ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละตามเกณฑ์ของ สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (2557) 83

ตารางที่ 12 แผนผังเค้าโครงการออกแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 83

ตารางที่ 13 องค์ประกอบ นิยาม ตัวบ่งชี้ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) 87

ตารางที่ 14 เกณฑ์การประเมินเพื่อวัดผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตาม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) 89

ตารางที่ 15 สัดส่วนจำนวนข้อสอบตามองค์ประกอบชองผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเรื่องเคมีอินทรีย์ 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูล 94

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับและจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E..... 96

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์และจำแนกตามองค์ประกอบในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม... 99

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนทั้งฉบับของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และจำแนกตามองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีทั้ง 4 ด้าน..... 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 ภาพรวมการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการคิดวิเคราะห์และการคิดระดับสูงอื่น ๆ (นวลจิตต์ เชาวีรติพงศ์, 2560, หน้า. 14) 28

แผนภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มวัดสองครั้ง 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันนโยบายทางการศึกษาของไทยระบุว่า หัวใจสำคัญของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ การสร้างและพัฒนาคนไทยเพื่ออนาคตของประเทศ สร้างคนไทยให้เป็นคนดีคนเก่ง มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 12 ประการ ได้แก่ มีความเข้มแข็งทั้งร่างกายและจิตใจ เน้นการอ่านออก เขียนได้ คิดวิเคราะห์เป็น สามารถสร้างวิสัยทัศน์และวางแผนอนาคตที่ดีของตนเองได้ รวมถึงรักษาขนบธรรมเนียมประเพณีอันดีงามของคนไทย และคำนึงถึงประโยชน์ส่วนรวมและประเทศชาติเป็นหลัก (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และฉบับปรับปรุง 2560 ยังได้กำหนดสมรรถนะของนักเรียนให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากนโยบายทางการศึกษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาที่ได้ระบุว่า การคิดวิเคราะห์ เป็นหนึ่งในคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่จะพัฒนาคนไทยเพื่อเป็นอนาคตของชาติ และเป็นสมรรถนะสำคัญที่จำเป็นสำหรับนักเรียนนั้น แสดงให้เห็นว่าการศึกษาของไทยได้ให้ความสำคัญกับการคิดวิเคราะห์เป็นอย่างมาก

การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะเป็นการคิดเป็นพื้นฐานต่อการเรียนรู้สิ่งอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการคิดเกี่ยวกับสิ่งรอบตัว ลดโอกาสความล้มเหลวจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด และเป็นประโยชน์ในด้านช่วยส่งเสริมความฉลาดทางสติปัญญา (Sternberg, 1996) การคิดวิเคราะห์จะช่วยสำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏโดยไม่ด่วนสรุปไปตามอารมณ์ความรู้สึกหรืออคติ ลดการอ้างประสบการณ์ส่วนตัวที่เป็นข้อสรุปทั่วไป ไม่หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว แต่พิจารณาเหตุและปัจจัยเฉพาะในแต่ละกรณีทำให้มองอย่างครบถ้วน ช่วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตรวจสอบการคาดคะเนบนฐานความรู้เดิม โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่มีวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ของสถานการณ์ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2545)

นอกจากนี้การคิดวิเคราะห์ยังเป็นพื้นฐานการคิดในมิติอื่น ๆ เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงอนาคต การคิดเชิงสร้างสรรค์ การคิดเชิงกลยุทธ์ การคิดเชิงบูรณาการ เป็นต้น เนื่องด้วยการคิดวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ และการทำความเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้น ดังนั้นย่อมจะช่วยให้เมื่อพบปัญหาใด ๆ สามารถที่จะคิดวิเคราะห์ได้ว่าปัญหานั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง สาเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้ตรงตามประเด็น และช่วยในการประเมินและตัดสินใจ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553)

ถึงแม้ว่าทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญของนักเรียนในการเรียน แต่นักเรียนส่วนใหญ่มักจะขาดทักษะด้านนี้ จากการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programmed for International Student Assessment หรือ PISA) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน จากผลการประเมินการรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ประเทศไทยมีคะแนนเป็นอันดับที่ 3 จากประเทศสมาชิกอาเซียนที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 4 ประเทศ ซึ่งประกอบด้วย สิงคโปร์ เวียดนาม ไทย และอินโดนีเซีย โดยประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยของทุกรายวิชาต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของทุกประเทศที่เข้าร่วมโครงการ โดยที่ประเทศไทยมีผลการประเมินอยู่ในอันดับที่ 55 จากประเทศที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 71 ประเทศ ซึ่งสามารถสะท้อนได้ว่าศักยภาพด้านการคิดวิเคราะห์ของประชากรวัยเด็กในประเทศไทยยังอยู่ในระดับต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, 2558)

อีกทั้งยังมีงานวิจัยของ ณัฏฐ์ ภูริพัฒน์สิริ (2561) ที่ศึกษาความสอดคล้องของเด็กดีและเด็กเก่ง โดยให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นตัวแทนเด็กเก่ง และรวบรวมคะแนนความสามารถใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคิดวิเคราะห์จากผลการประเมินของ PISA เพราะการคิดวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนไทยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก แม้ว่าจะมีการประเมินผลการเรียนในโรงเรียนอย่างเข้มข้น นอกจากนั้นผลการศึกษายังพบว่า ระดับการคิดวิเคราะห์แปรผกผันกับเกรดเฉลี่ย จากการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงว่าการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ทางด้านการเรียนการสอนด้านการคิดวิเคราะห์ หรือการวัดผลการคิดวิเคราะห์ในโรงเรียนอาจไม่มีประสิทธิผล ดังที่ วีระ สุดสังข์ (2550) กล่าวว่าปัญหาการคิดวิเคราะห์มาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูที่ไม่ได้เน้นให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกตั้งคำถาม ดังนั้น เพื่อที่จะพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน กระบวนการเรียนรู้ทั้งในและนอกชั้นเรียนควรจะเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนานักเรียน และผู้สอนเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ในการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ (Cottrell, 2017)

จากการศึกษาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่า ดิลก ดิลกานนท์ (2525) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไว้ว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนอยู่ในรูปแบบการตั้งคำถาม การสังเกต การสืบค้น การทำนาย นอกจากนั้นครูควรจะมีเทคนิคในการสอนเพิ่มเติม และแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ส่วนใหญ่แนวทางการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งแนวทางดังกล่าวมีความสอดคล้องกับวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle) ที่เป็นรูปแบบการเรียนรู้หนึ่งของของแนวทางการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างดี มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมอย่างชัดเจน และมีขั้นตอนในการสนับสนุนให้นักเรียนมีบทบาทในการตั้งคำถาม การสังเกต การสืบค้น การทำนาย เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการเรียนการสอนตามแนวทางสืบสอบจะเป็นขั้นตอนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการคิดวิเคราะห์อยู่แล้ว แต่ Harrison and Treagust (2006) ได้เสนอว่าในลักษณะของเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม ซับซ้อนเข้าใจยาก การเรียนการสอนตามแนวทางสืบสอบอาจยังไม่เพียงพอในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือหรือเทคนิคเพิ่มเติมที่จะเข้ามาช่วยให้นักเรียนเข้าใจนามธรรมได้ดีขึ้น ซึ่งนั่นก็คือกลยุทธ์แนวเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลยุทธ์แนวเทียบเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะกลยุทธ์แนวเทียบเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันที่คุ้นเคยเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เห็นภาพได้ชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Glynn, 2008) กลยุทธ์แนวเทียบมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivist Theory) ที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อเนื้อหานั้นเชื่อมโยงกับประสบการณ์และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน (Pillay, 2002) สอดคล้องกับแนวทางการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ที่ผู้สอนมีกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้ (ทิศนา แขมมณี, 2559) และยังสอดคล้องกับหัวใจสำคัญของการคิดวิเคราะห์คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เพราะการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เป็นส่วนที่ต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ภายในเรื่องราว เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรได้ (Bloom, Englehart, Furst, Hill, & Krathwohl, 1956)

จนกระทั่งในช่วงปี 2007 มีนักการศึกษา Orgill and Thomas (2007) ได้นำเอากลยุทธ์แนวเทียบมาผนวกกับขั้นตอนการสอนอย่างวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่งเป็นการสอนที่มีลักษณะเป็นไปตามแนวทางการสอนแบบสืบสอบแต่มีกลยุทธ์แนวเทียบเข้ามาเสริม เป็นการดึงจุดเด่นของทั้งวงจรการเรียนรู้ 5E และกลยุทธ์แนวเทียบ เข้ามาช่วยวิเคราะห์สืบสอบและทำให้เข้าใจเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับลักษณะของการคิดวิเคราะห์ที่มีลักษณะการคิดที่เป็นนามธรรม และมีนักการศึกษาได้นำวิธีการสอนนี้ไปใช้สอนวิชาเคมี โดยส่วนใหญ่เป็นการสอนในหัวข้อโครงสร้างอะตอม พันธะเคมี พลังงาน (Thiele & Treagust, 1992)

จากการศึกษาเอกสารที่ผ่านมา พบงานวิจัยที่ศึกษาผลของการสอนด้วยกลยุทธ์แนวเทียบผนวกกับวงจรการเรียนรู้ 5E ในเนื้อหาเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์น้อยมาก ทั้งนี้เคมีอินทรีย์เป็นสาขาวิชาที่มีความสำคัญมากเนื่องจากเกี่ยวข้องกับสิ่งรอบตัวของนักเรียน แต่ด้วยลักษณะของเนื้อหาเป็นนามธรรมและลักษณะการสอนส่วนใหญ่เป็นบรรยาย จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนและไม่สามารถต่อยอดความรู้กับสิ่งรอบตัว จึงน่าสนใจที่จะศึกษาว่าการสอนโดยใช้กลยุทธิ์แนว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้หรือไม่

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นที่มาในการศึกษาวิจัย ผลของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำถามวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีคำถามวิจัย 2 ประการ ได้แก่

1. การใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้หรือไม่ อย่างไร

2. การใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้กลยุทธ์ด้วยแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมมติฐานการวิจัย

แนวทางในการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ ควรจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการฝึกคิดฝึกวิเคราะห์ (ดิลก ดิลกานนท์, 2525) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของทอร์นไดร์คที่ว่าด้วยกฎแห่งการฝึก (law of exercise) เพื่อให้เกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างถาวร และกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีขั้นตอนรวมทั้งกลยุทธ์แนวเทียบที่มีกุญแจสำคัญคือการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์นามธรรมกับสิ่งที่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนเห็นภาพนามธรรมได้อย่างชัดเจน (Gafoor & Shilna, 2013) ซึ่งตรงกับหัวใจสำคัญของการคิดวิเคราะห์ คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพราะทุกเรื่องราวล้วนมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง (Bloom et al., 1956) วิธีการสอนนี้จึงทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์อย่างซ้ำ ๆ ในแต่ละขั้นรวมถึงในแต่ละมโนทัศน์ของบทเรียน สอดคล้องงานวิจัย Kao (2014, 2016) ที่กล่าวว่ากลยุทธ์แนวเทียบช่วยให้นักเรียนแสดงออกถึงความฉลาดในการคิดวิเคราะห์ และงานวิจัย Glynn and Takahashi (1998) ที่กล่าวว่าแนวเทียบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้กลยุทธ์แนวเทียบกับวงจรการเรียนรู้ 5E ยังมีแนวคิดและทฤษฎีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในแนวทางเดียวกัน นั่นก็คือการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จึงน่าจะสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่สถิติระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญที่สถิติระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญที่สถิติระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นิยามเชิงปฏิบัติการ

งานวิจัยนี้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3 ประการ ดังนี้

1. กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Analogy Strategy incorporated with 5E Learning Cycle) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มี 5 ขั้นตอน ที่มีการสอดแทรกกลยุทธ์แนวเทียบในบางขั้นตอนของการสอน โดยพิจารณาตามความเหมาะสม มีขั้นตอนการสอนตาม Orgill and Thomas (2007) ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรม และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียนหรือสามารถใช้แนวเทียบให้เห็นภาพง่ายขึ้น

2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล หรือผู้สอนสามารถใช้แนวเทียบในการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายมากยิ่งขึ้น

3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา หรือผู้สอนสามารถแนวเทียบในการชี้แนะและอธิบายรายละเอียดให้มองเห็นภาพง่ายขึ้น

4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสร้างแนวเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง และสร้างแนวเทียบด้วยตนเอง และให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip

2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อค้นหาความจริงของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลัง

เรียน ซึ่งเป็นแบบสอบปรนัยที่มีสถานการณ์ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์โดยไม่อิงเนื้อหาแต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์

มีองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Bloom et al. (1956) ดังนี้

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหรือความสำคัญ (Analysis of Elements) เป็นความสามารถในการแยกองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ เพื่อชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญของเรื่องราว

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล

3) วิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organization Principles) เป็นความสามารถในการค้นหาว่าภายในเรื่องราวต่าง ๆ รวมกันอยู่ได้เพราะยึดหลักหรือแกนอะไรเป็นสำคัญ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตามแนวคิดของ (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนเพื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นแบบสอบปรนัย เรื่องเคมีอินทรีย์ จำนวน 30 ข้อ มีการแบ่งพฤติกรรมของนักเรียนประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ความรู้ หมายถึง ความสามารถในการรำลึกถึงข้อมูล ความรู้ที่ได้รับมา

2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจในเรื่องราวออกมาในรูปแบบต่าง ๆ

3) กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงการมีส่วนร่วมในกระบวนการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่ยังไม่ทราบคำตอบมาก่อนโดยนำเอาความรู้ และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่สั่งสมไว้ออกมาใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์แนวเทียบ วงจรการเรียนรู้ 5E ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และนำผลการศึกษามากำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle)
    1.1 แนวคิดและนิยามของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E
    1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้ 5E
    1.3 ขั้นตอนกิจกรรมของวงจรการเรียนรู้ 5E
2. การเรียนรู้การใช้กลยุทธ์แนวเทียบ (Analogy Strategy learning)
    2.1 ความสำคัญของการใช้แนวเทียบ
    2.2 แนวคิดและนิยามของการใช้แนวเทียบ
    2.3 รูปแบบของการใช้แนวเทียบ
    2.4 ข้อควรระวังในการจัดเรียนรู้โดยใช้แนวเทียบ
3. กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Analogy Strategy Incorporated with 5E Learning Cycle)
    3.1 ทฤษฎีและความสำคัญของการเรียนรู้แบบกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E
    3.2 แนวคิดของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability)

4.1 ลักษณะสำคัญของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.2 แนวคิดและความหมายของการคิดวิเคราะห์

4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

4.4 แนวทางในการวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.5 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement)

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

5.2 ความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.3 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

5.4 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

6. การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

6.1 ความตรงเนื้อหารายข้อ

6.2 ระดับความยาก

6.3 อำนาจจำแนก

6.4 ความเที่ยง

6.5 ขนาดของผล (Effect size)

6.6 การศึกษาพัฒนาการ (Normalized gain)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แนวเทียบ

8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle)

เนื่องจากวงจรการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้แบบสืบสอบ ดังนั้น จึงมีการทบทวนวรรณกรรมทั้งด้านแนวคิดนิยามของแนวทางการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 แนวคิดและนิยามของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวทางการสืบสอบพบว่า ได้มีนักการศึกษานิยามและแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเสนอไว้หลายท่าน ดังเช่น

Good (1945) ได้ให้นิยามของการสอนแบบการสืบสอบหาความรู้ว่า เป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น เสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถามและพยายามค้นหาคำตอบให้พบด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังให้แนวคิดของการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ว่า เป็นวิธีการเรียนโดยการแก้ปัญหาจากกิจกรรมที่จัดขึ้น และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่นักเรียนเผชิญแต่ละครั้งจะเป็นตัวกระตุ้นการคิด การสังเกต เกี่ยวกับสิ่งที่สรุปพาดพิงอย่างชัดเจน และประดิษฐ์ คิดค้น ตีความหมายภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงใช้วิธีการอย่างชาญฉลาดในการทดสอบและสรุปได้อย่างมีเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Sund and Trowbridge (1973) สรุปนิยามและแนวคิดของการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ว่าเป็นการสอนที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง สร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง และเป็นการพัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ ของนักเรียน เช่น ความสามารถทางวิธีการ ทักษะทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งต้องให้อิสระและให้นักเรียนมีโอกาสคิด เป็นการเรียนที่เน้นการทดลองเพื่อให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541) ได้กล่าวว่า หลักการสอนแบบสืบสอบหาความรู้นักเรียนจะต้องเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ จะโดยทางตรงหรือทางอ้อมก็ตาม ส่วนครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกแนะนำ

และให้ความช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น ประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การสำรวจ และการสร้างองค์ความรู้

จากตัวอย่างแนวคิด นิยาม เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบของนักการศึกษาทั้ง 3 ท่าน มีประเด็นสำคัญที่สอดคล้องกันคือ แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า หาคำตอบด้วยตนเองเป็นสำคัญผ่านกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

ในส่วนของวงจรการเรียนรู้ 5E ได้มีการทบทวนวรรณกรรมและพบว่า วงจรการเรียนรู้ 5E เกิดจากการศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ที่ได้นิยามแนวคิดวงจรการเรียนรู้ 5E ไว้ดังนี้

Bybee et al. (2006) กล่าวว่า วงจรการเรียนรู้ 5E หมายถึง กระบวนการสืบสอบหาความรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่เป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเอง

จากการศึกษาความสอดคล้องระหว่างแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและวงจรการเรียนรู้ 5E ของนักการศึกษาพบว่า วงจรการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบกิจกรรมตามแนวทางของกระบวนการสืบสอบที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่จากความรู้เดิมโดยมีครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับ Harlen (2012) ที่ระบุเกี่ยวกับสิ่งสำคัญของวงจรการเรียนรู้ 5E และการสืบสอบไว้ว่า ธรรมชาติของวงจรการเรียนรู้ 5E คือ การสืบสอบไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้ในทางการศึกษาหรือใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นการค้นคว้าหาความรู้หรือข้อมูลด้วยการถามคำถาม บางครั้งการค้นคว้าหาข้อมูลอยู่ในรูปแบบการทำการทดลอง การวิจัย การค้นหาความจริง การสืบเสาะหาความรู้ การตรวจสอบ ซึ่งในทางการศึกษาการสืบสอบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายวิชา เช่น วิชาสังคมศึกษา วิชาธรณี วิชาศิลปะ วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำการสืบสอบไปใช้ในวิชาต่าง ๆ ได้ดีพอ ๆ กับวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถึงแม้ธรรมชาติของแต่ละวิชาจะแตกต่างกัน แต่เมื่อมีคำถามเกิดขึ้นในการเรียนรู้วิชาต่าง ๆ กระบวนการที่คล้ายคลึงกันในการหา

คำตอบก็คือ การพิจารณาคำถามเพื่อรวบรวมหลักฐานและหาคำอธิบายที่เป็นไปได้มาพิสูจน์ตามแต่ละประเภทของความรู้ในวิชาเหล่านั้น เพราะการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นการนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจธรรมชาติและสิ่งรอบตัวผ่านกระบวนการตรวจสอบและหาหลักฐาน

1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้ 5E

เนื่องด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ และเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

1.3 ขั้นตอนกิจกรรมของวงจรการเรียนรู้ 5E

นักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ได้เสนอกระบวนการสืบสอบหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเอง เรียกวงจรการเรียนรู้นี้ว่า Inquiry cycle หรือ 5Es มีขั้นตอนดังนี้ Bybee et al. (2006)

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ ทำให้นักเรียนสนใจ ใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน ควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่ากำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้นักเรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่นักเรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจและค้นหาสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นนักเรียนแต่ละคน หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหาเป็นโอกาสที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ โดยการให้นักเรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียน ครูควรระลึกอยู่เสมอเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนตามประเด็นปัญหา ผลจากการที่นักเรียนมีใจจดจ่อในการทำกิจกรรม นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงการสังเกต การจำแนกตัวแปรและคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explain) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้นักเรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ครูควรชี้แนะนักเรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามครูควรระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวนักเรียนเอง บทบาทของครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดนักเรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่นักเรียนต้องการ ในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เป้าหมายที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำคัญของขั้นนี้ คือ ครูควรชี้แนะให้นักเรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate) ขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้นักเรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของนักเรียนด้วย

2. การเรียนรู้การใช้กลยุทธ์แนวเทียบ (Analogy Strategy learning)

แนวเทียบ (Analogy) ได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างแพร่หลายทั้งในทางด้านวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่ยุคบุกเบิก และที่ผ่านมานั้นการใช้แนวเทียบมีทั้งเป็นวิธีการสอนและกลยุทธ์เสริม จึงทบทวนวรรณกรรมถึงประโยชน์สำคัญและความเหมาะสมในการใช้แนวเทียบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความสำคัญของการใช้แนวเทียบ

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบ เป็นการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมอย่างวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบช่วยสนับสนุนการเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับความรู้เดิมของนักเรียน และสามารถพัฒนาความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Treagust, Harrison, & Venville, 1998)

โดยเฉพาะวิชาเคมีที่เป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์และเป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ เพราะมีเนื้อหาทั้งในส่วนของบรรยายและคำนวณ นักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับวิชาเคมีได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อที่จะค้นหาวิธีที่จะช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการเรียนรู้วิชาเคมีได้ดีที่สุด พบว่าสิ่งที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนคือการทำความเข้าใจเนื้อหาตั้งแต่ส่วนพื้นฐานของวิชาเคมี เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับมโนทัศน์ใหม่ในวิชาเคมีและการจัดการเรียนการสอนไม่น่าสนใจ ส่งผลให้เกิดปัญหาในการถ่ายทอดมโนทัศน์ที่ไม่คุ้นเคยแก่นักเรียน อีกทั้งการจัดการ

เรียนการสอนไม่เหมาะสมในการดึงเอาความรู้เดิมของนักเรียนออกมาได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ใหม่กับความรู้เดิมของนักเรียนได้ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้แนวเทียบ เพราะเป็นกลยุทธ์ในการเชื่อมโยงมโนทัศน์กับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย (Gafoor & Shilna, 2013)

ทั้งนี้เป็นเพราะสิ่งสำคัญของการใช้แนวเทียบ คือ การเปรียบเทียบ ที่เป็นพื้นฐานความรู้ความเข้าใจของมนุษย์ เพราะการใช้แนวเทียบมีกุญแจสำคัญอยู่ 2 ด้าน ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ซึ่งการใช้แนวเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความเหมือนหรือความคล้ายคลึงกันของสิ่ง ๆ หนึ่ง

นอกจากนั้นการเรียนรู้แนวเทียบยังมีประโยชน์เมื่อใช้เป็นกลยุทธ์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ อีก ซึ่ง Gafoor and Shilna (2013) ได้ยกตัวอย่างประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

(1) สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์จากสิ่งที่นักเรียนสนใจ

(2) ช่วยให้นักเรียนเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของมโนทัศน์ใหม่กับโลกความเป็นจริงที่นักเรียนคุ้นเคย

(3) กระตุ้นให้ผู้สอนลำดับความสำคัญการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

(4) กระตุ้นให้ผู้สอนเชื่อมโยงระหว่างลำดับของความรู้ของนักเรียนกับข้อมูลใหม่จากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) ช่วยให้นักเรียนในการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้อย่างเห็นภาพ

(6) ช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.2 แนวคิดและนิยามของการใช้แนวเทียบ

Gentner (1989) กล่าวว่า การเรียนรู้แนวเทียบเปรียบเสมือนกับการเชื่อมโยงความรู้ระหว่าง 2 มโนทัศน์ เช่น ระบบความสัมพันธ์ของมโนทัศน์แนวเทียบหรือมโนทัศน์ที่คุ้นเคย (Analog domain) กับมโนทัศน์เป้าหมาย (Target domain) หรือมโนทัศน์ที่ไม่คุ้นเคย ซึ่งจุดประสงค์หลักของ

การเรียนรู้แนวเทียบสามารถที่จะจัดการกับระบบความสัมพันธ์จากมโนทัศน์ที่คุ้นเคยไปยังมโนทัศน์ที่ไม่คุ้นเคยได้

Glynn (1991) การสอนด้วยวิธีแนวเทียบเป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้ระบุความเหมือนหรือความต่าง ระหว่างมโนทัศน์ที่ใช้ในแนวเทียบ (Analog) กับมโนทัศน์เป้าหมาย (Target)

2.3 รูปแบบของการใช้แนวเทียบ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบรูปแบบของวิธีการเรียนรู้แนวเทียบตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน พบว่ามีทั้งรูปแบบที่เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนและรูปแบบที่เป็นกลยุทธ์เสริมที่สามารถนำไปผนวกกับการจัดการเรียนรู้อื่นได้ เพราะรูปแบบของการใช้แนวเทียบถูกแนะนำให้ใช้ได้อย่างหลากหลาย แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้แนวเทียบในรูปแบบของกลยุทธ์เสริม ซึ่งความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 รูปแบบพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบ: General Model of Analogy Teaching (GMAT) เน้นความสำคัญไปที่การวางแผนการใช้แนวเทียบด้วยการลำดับความสำคัญของความรู้ และความสามารถของนักเรียน เพื่อที่จะประเมินผลกระทบของการใช้แนวเทียบ และปรับแนวเทียบให้ตรงตามความต้องการของนักเรียน โดยมีขั้นตอนดังนี้ Zeitoun (1984)

Chulalongkorn University

ขั้นที่ 1 ระบุลักษณะเฉพาะของนักเรียนที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้แนวเทียบทั่วไป

ขั้นที่ 2 ลำดับความสัมพันธ์ของความรู้นักเรียนเกี่ยวกับประเด็นที่กำหนด

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์องค์ประกอบการเรียนรู้ในประเด็นนั้น ๆ

ขั้นที่ 4 ตัดสินการเลือกใช้แนวเทียบที่เหมาะสม

ขั้นที่ 5 กำหนดลักษณะเฉพาะของแนวเทียบที่คุ้นเคย

ขั้นที่ 6 เลือกกลยุทธ์การสอนร่วมกับแนวเทียบ

ขั้นที่ 7 นำเสนอการเรียนรู้แนวเทียบ ด้วยจุดประสงค์, ลักษณะที่คุ้นเคย, การจัดการแนวเทียบ และลักษณะที่ไม่คุ้นเคย

ขั้นที่ 8 ประเมินผลการเรียนรู้แนวเทียบ ด้วยการกำหนดสิ่งที่นักเรียนใช้เปรียบเทียบในประเด็น ประเมินลักษณะของความรู้ของนักเรียนในประเด็น และสิ่งที่นักเรียนเข้าใจผิดจากการใช้แนวเทียบ

ขั้นที่ 9 ทบทวนขั้นตอนต่าง ๆ ถ้าจำเป็น

2.3.2 รูปแบบการสอนการใช้แนวเทียบ: Teaching-With-Analogies (TWA) เป็นรูปแบบที่ถูกใช้อ้างอิงมากที่สุด โดยรูปแบบนี้พัฒนาการสอนด้วยการใช้แนวเทียบ จากความสนใจแนวเทียบใดเป็นพิเศษจากหนังสือวิทยาศาสตร์ รูปแบบนี้สรุปเป็นขั้นตอนได้ 6 ขั้นตอน ที่ครูควรจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอนการด้วยแนวเทียบ Glynn (1991)

ขั้นที่ 1 แนะนำมโนทัศน์เป้าหมาย

ขั้นที่ 2 นำเสนอมโนทัศน์แนวเทียบ ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่นักเรียนควรจะคุ้นเคยจากประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 3 ระบุส่วนที่สัมพันธ์กันระหว่างมโนทัศน์แนวเทียบกับมโนทัศน์เป้าหมาย

ขั้นที่ 4 เชื่อมโยงความเหมือนระหว่างมโนทัศน์แนวเทียบกับมโนทัศน์เป้าหมายอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 5 บ่งบอกส่วนที่ทำลายการใช้แนวเทียบ

ขั้นที่ 6 สรุปส่วนที่มโนทัศน์เป้าหมายขึ้นกับมโนทัศน์แนวเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.3 รูปแบบมุ่งเน้น ปฏิบัติ สะท้อน: Focus, Action, Reflection Guide (FAR Guide) เน้นรูปแบบที่ประยุกต์ขั้นตอนตามความต้องการของนักเรียนและบทเรียนที่ผู้สอนต้องสอน โดยผู้สอนจะต้องเตรียมการเรียนรู้แนวเทียบก่อนที่จะสอนและหลังจากนั้นผู้สอนจะต้องสะท้อนผลที่เกิดจากการสอนแนวเทียบ โดยที่รูปแบบของ FAR เป็นรูปแบบการเรียนรู้แนวเทียบที่มีขั้นตอนสั้นและง่ายกว่ารูปแบบของ TWA และ GMAT ซึ่งผู้ออกแบบ FAR guide พบว่ารูปแบบ TWA และ GMAT มีหลายขั้นตอนในการคิดมากเกินไป จึงพัฒนาขั้นตอนสำหรับการสอนแนวเทียบให้จดจำได้ง่าย (Treagust, 1993; Treagust et al., 1998) มีขั้นตอนดังนี้ Treagust (1993)

ขั้นที่ 1 มุ่งเน้น: มโนทัศน์เป้าหมายกับมโนทัศน์แนวเทียบที่คุ้นเคย

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ: เชื่อมโยงความเหมือนระหว่างมโนทัศน์แนวเทียบกับมโนทัศน์เป้าหมายให้ชัดเจน และอภิปรายข้อจำกัดของการใช้แนวเทียบ

ขั้นที่ 3 สะท้อน: ประเมินผลการใช้แนวเทียบจากนักเรียน และขยายความรู้เกี่ยวกับการใช้แนวเทียบที่จำเป็น

2.4 ข้อควรระวังในการจัดเรียนรู้โดยใช้แนวเทียบ

การใช้แนวเทียบในการจัดการเรียนรู้เปรียบเสมือนดาบสองคมที่มีทั้งผลดีและผลเสีย ถึงแม้ว่าครูและนักเรียนจะใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้แนวเทียบ แต่บางครั้งการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบอาจจะยึดเยื้อมากเกินไป สำหรับมโนทัศน์เป้าหมายที่นักเรียนเข้าใจแล้ว (Treagust, 1997) และเมื่อนักเรียนประยุกต์ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์แนวเทียบกับมโนทัศน์เป้าหมายอาจจะนำไปสู่ความเข้าใจผิดต่อมโนทัศน์เป้าหมายได้ (Brown & Clement, 1989; Clement, 1993; Duit, 1991; S. M. Glynn, 1994; Thagard, 1992; Zook & Di Vesta, 1991)

สิ่งสำคัญที่ควรตระหนักถึงเกี่ยวกับการใช้แนวเทียบ คือ ต้องระมัดระวังในการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างมาก หรือควรนำแนวเทียบมาใช้เป็นกลยุทธ์เสริมผนวกกับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพราะไม่อย่างนั้นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวเทียบอาจจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดต่อเนื้อหาและอาจจะไม่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้

ดังนั้น รูปแบบการใช้แนวเทียบมีความหลากหลายทั้งใช้เป็นการจัดการเรียนการสอนและกลยุทธ์ ครูจะใช้แนวเทียบในรูปแบบใดก็ขึ้นอยู่กับบริบทและการปรับการนำแนวเทียบไปใช้ให้เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Analogy Strategy Incorporated with 5E Learning Cycle)

จากแนวคิดของผู้วิจัยที่เห็นถึงความเหมาะสมของการใช้แนวเทียบในรูปแบบกลยุทธ์เสริมผนวกกับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และได้ทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีนักการศึกษาอย่าง Orgill and Thomas (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสืบสอบ และได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบใหม่ขึ้นเป็น วงจรการเรียนรู้ 5E ผนวกการใช้แนวเทียบ ซึ่งนักการศึกษาท่านนี้ได้เล็งเห็นถึงการใช้แนวเทียบมาเป็นกลยุทธ์ที่เสริมในการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ และได้มีแนวคิด ทฤษฎี ความสำคัญ รวมถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ทฤษฎีและความสำคัญของการเรียนรู้แบบกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

กลยุทธ์แนวเทียบและวงจรการเรียนรู้ 5E มีทฤษฎีการเรียนรู้ร่วมกันคือ ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิส (Constructivist learning theory) กล่าวว่า นักเรียนจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุดเมื่อนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรม และฝึกให้นักเรียนคิดและทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ โดยจุดมุ่งเน้นที่สำคัญคือการปรับเปลี่ยนหลักสูตรวิทยาศาสตร์จากการเรียนรู้ที่เน้นครูเป็นสำคัญ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ และมีแนวทางการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

Orgill and Thomas (2007) ผู้นำเสนอการจัดการเรียนรู้รูปแบบกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ได้นำเสนอจุดเด่นของการนำแนวเทียบไปใช้ในกิจกรรม การเรียนการสอน และจุดเด่นของวงจรการเรียนรู้ 5E เริ่มจาก Orgill และ Thomas ได้อธิบายว่าแนวเทียบเป็นเครื่องมือของการเรียนการสอนที่ดีในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะว่าวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเต็มไปด้วยความรู้ที่เป็นนามธรรม และมโนทัศน์ ที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งถ้ามีแนวเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนแล้วนั้น จะเป็นการช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่เรียนได้

ง่ายขึ้น ผนวกกับรูปแบบการเรียนการสอน 5E ตามของ Bybee et al. (2006) ที่เหมาะกับการสอนวิทยาศาสตร์อีกเช่นกัน เพราะรูปแบบการเรียนการสอน 5E ได้รับการออกแบบเชื่อมโยงมาจากธรรมชาติของการเรียนรู้แบบสืบสอบ ได้มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจแนวคิดที่นำมาใช้ ค้นหาคำอธิบายแนวคิดที่นักเรียนกำลังเรียนรู้ และเพิ่มพูนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ใหม่ ๆ และรูปแบบการเรียนการสอน 5E ยังมีขั้นที่เปิดโอกาสให้ประเมินความเข้าใจของนักเรียนในทุกกระบวนการอีกด้วย

3.2 แนวคิดของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

Orgill and Thomas (2007) ได้เสนอแนวทางในการใช้กลยุทธ์แนวเทียบผนวกกับแต่ละขั้นของวงจรการเรียนรู้ 5E ที่เน้นการดำเนินการในชั้นเรียน ทั้งนี้ยังเสนอแนะว่าวิธีการผนวกดังกล่าวเป็นเพียงการแนะนำ หากจะนำแนวเทียบไปใช้ในแต่ละขั้นของวงจรการเรียนรู้ 5E เท่านั้น โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 Engage ขั้นแรกนี้เป็นขั้นที่ออกแบบมาเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและช่วยกระตุ้นให้นักเรียนดึงเอาความรู้เดิมที่นักเรียนมีมาก่อนที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ออกมา เพื่อที่ครูจะสามารถเห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนได้ว่า นักเรียนมีส่วนที่เข้าใจและไม่เข้าใจในเรื่องใดบ้างก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ ซึ่งในส่วนของการกระตุ้นอาจจะมีการจัดเป็นกิจกรรม การสาธิต หรือการเล่าเรื่องราว เพื่อการดึงดูดความสนใจของนักเรียน และยังเป็นการช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลใหม่กับสิ่งที่นักเรียนได้รู้อยู่แล้ว

ดังนั้น การเชื่อมโยงให้นักเรียนมองเห็นภาพได้ง่ายนั้น กลยุทธ์แนวเทียบเป็นกลยุทธ์ที่ดีอย่างหนึ่ง ที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ในขั้นนี้ได้ กุญแจสำคัญคือการกระตุ้นนักเรียนเข้าสู่การเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบนั้น ครูจะต้องใช้แนวเทียบที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น เพลง กีฬา ภาพยนตร์ เรื่องราวที่กำลังเป็นประเด็น หรือการสาธิตเพื่อให้เห็นภาพจากอุปกรณ์จำลองที่หาได้ง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 2 Explore ขั้นค้นหาจะเป็นขั้นที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับมโนทัศน์ของเรื่องผ่านกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลและนำมาสรุปในรูปแบบตามความเข้าใจของนักเรียนด้วยตนเองก่อน

กลยุทธ์แนวเทียบสามารถที่จะช่วยในกิจกรรมการค้นหาได้ เช่น ในเนื้อหาเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ครูยกตัวอย่างว่าเคยมีคนอธิบายเกี่ยวกับอะตอมให้เข้าใจง่ายขึ้นด้วยการเปรียบเทียบกับกล่องหนังสือ จากนั้นครูจึงนำมาเป็นประเด็นให้นักเรียนค้นหาว่า นักเรียนคิดว่ากล่องหนังสือมีความคล้ายคลึงกับอะตอมในแง่ใดบ้าง และนักเรียนคิดว่ากล่องหนังสือแตกต่างจากอะตอมอย่างไรบ้าง โดยนักเรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองได้จาก ตำราหนังสือ สืบค้นทางอินเตอร์เน็ต หรือจากความรู้ที่นักเรียนมี และให้นักเรียนแสดงตัวอย่างให้เห็นภาพด้วยวิธีใดก็ได้ บอกลักษณะความเหมือน ความต่างได้อย่างชัดเจนระหว่างตัวเปรียบเทียบ และตัวเป้าหมายจากมโนทัศน์หลัก จากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในการเปรียบเทียบด้วยการอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียนโดยที่ครูยังไม่ได้อธิบาย ซึ่งการใช้กลยุทธ์แนวเทียบนี้จะเป็นตัวช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ของเรื่องผ่านมุมมองของนักเรียน และการที่นักเรียนได้แบ่งปันความคิดเห็นในมุมมองที่แตกต่างกัน จะเป็นการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจ ในมโนทัศน์มากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 3 Explain ขั้นการอธิบายเป็นขั้นที่ครูจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ หรือมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมด้วยการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายในการอธิบายของครู แต่ก็ยังคงมีคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ หรือมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมบางอย่างที่อธิบายให้เข้าใจได้ยาก เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์อาจจะส่งผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรืออาจจะทำให้นักเรียนมีความรู้สึกเข้าใจได้ยากจึงหมดความสนใจที่จะเรียนเนื้อหาถัดไปของวิชานี้

สิ่งที่จะช่วยอธิบายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ หรือมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมที่เข้าใจได้ยากให้เข้าใจง่ายขึ้น มองเห็นภาพง่ายขึ้น คือ การเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบ เพราะเป็น การเรียนรู้ด้วยที่เปรียบเทียบกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ดีที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ หรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยากให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นและยัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มองเห็นภาพได้ชัดเจน แต่การเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบจะมีประสิทธิภาพมายิ่งขึ้น เมื่อครูช่วยแสดงให้เห็นทั้งส่วนที่เหมือนกันและส่วนที่แตกต่างกันของตัวเปรียบเทียบและตัวเป้าหมาย เพื่อเป็นการป้องกันการเข้าใจผิดของนักเรียน ดังนั้นครูควรที่จะประเมินความเข้าใจของนักเรียนว่าเข้าใจที่ครูอธิบายด้วยกลยุทธ์แนวเทียบถูกต้องหรือไม่ ผ่านจากคำถาม หรือการทดสอบย่อย เช่น ทำไมจึงมีการเปรียบเทียบระหว่าง สมการเคมี กับสูตรการทำอาหาร ด้วยการให้นักเรียนเขียนอธิบายลักษณะที่เหมือนและต่างตามความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน

ขั้นที่ 4 Elaborate ขั้นขยายความรู้ครูจะให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่นักเรียนได้เรียนมาเกี่ยวกับมโนทัศน์มาใช้กับสถานการณ์ใหม่ เพื่อที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบและต่อยอดความเข้าใจของตนเอง ในขั้นขยายความรู้นี้ นักเรียนอาจจะสร้างกลยุทธ์แนวเทียบของตนเองขึ้นมาใหม่ก็ได้ อีกทั้งยังอาจจะทำให้ครูจัดการกับข้อมูลในการเลือกแนวเทียบที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้กับมโนทัศน์เป้าหมายเมื่อใช้กลยุทธ์แนวเทียบได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 Evaluate ขั้นประเมินเป็นขั้นตอนสุดท้ายของวงจรการเรียนรู้ 5E ที่สามารถนำการประเมินมาใช้ได้กับแต่ละขั้น โดยเป็นการประเมินที่ไม่เป็นทางการเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอย่างรวดเร็ว อาจจะเป็น การตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยการใช้คำถาม หรือทำแบบทดสอบย่อยโดยใช้เวลาสั้น ๆ หรือจะเป็นการทำแบบทดสอบท้ายเรื่องเมื่อจบแต่ละมโนทัศน์

สรุปขั้นตอนกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Orgill and Thomas (2007) ได้ดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E **Orgill and Thomas (2007)**
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรม และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน หรือสามารถใช้แนวเทียบให้เห็นภาพง่ายขึ้น
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล หรือสามารถใช้แนวเทียบในการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายมากยิ่งขึ้น
3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา หรือผู้สอนสามารถใช้แนวเทียบในการชี้แนะและอธิบายรายละเอียดให้มองเห็นภาพง่ายขึ้น
4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสร้างแนวเทียบ
5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง และให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip

จากตารางขั้นต้น จะเห็นว่ากลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ตาม Orgill and Thomas (2007) สามารถที่จะแทรกกลยุทธ์แนวเทียบได้ในแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ 5E แต่ขั้นของ Orgill และ Thomas ไม่ได้ระบุขั้นตอนรายละเอียดการใช้กลยุทธ์แนวเทียบ ผู้วิจัยจึงศึกษาลักษณะการเตรียมแนวเทียบก่อนขั้นการสอนและขั้นหลังการสอนของครู ตามแนวคิดของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Treagust (1993) เพื่อแสดงให้เห็นขั้นตอนที่มาของแนวเทียบก่อนการจัดการเรียนรู้ของครูและการประเมินการใช้แนวเทียบหลังการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการใช้กลยุทธ์แนวเทียบผนวกกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

รูปแบบการใช้แนวเทียบ Treagust (1993)	**การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E Orgill and Thomas (2007)**
ขั้นมุ่งเน้น (Focus) : ขั้นก่อนจัดการเรียนรู้ เป็นการดำเนินการก่อนจัดกิจกรรมในชั้นเรียนของครู	
ขั้นปฏิบัติ (Action) : ขั้นจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนตาม	
	1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรมและเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียนหรือสามารถใช้แนวเทียบให้เห็นภาพง่ายขึ้น
	2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล หรือสามารถใช้แนวเทียบในการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายมากยิ่งขึ้น
	3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา หรือผู้สอนสามารถใช้แนวเทียบในการชี้แนะและอธิบายรายละเอียดให้มองเห็นภาพง่ายขึ้น
	4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสร้างแนวเทียบ
	5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง และให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบการใช้แนวเทียบ Treagust (1993)	การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E Orgill and Thomas (2007)
ขั้นสะท้อน (Reflection) : ขั้นหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการดำเนินการหลังจัดกิจกรรรมในชั้นเรียนของครู	

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability)

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์จัดเป็นทักษะการคิดขั้นสูงตาม (Bloom et al., 1956) และยังเป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการต่อยอดทักษะการคิดขั้นสูงอื่น ๆ อีก (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553; ไพฑูรย์ สิลารัตน์ และคณะ, 2560) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะสำคัญของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ในการที่จะวิเคราะห์สิ่งใดได้นั้น ไพฑูรย์ สิลารัตน์ (2560) กล่าวว่า ผู้ที่วิเคราะห์จะต้องมีทักษะอย่างน้อย 5 ประการสำคัญ ได้แก่ ทำความเข้าใจกับสิ่งที่จะวิเคราะห์ จำแนกแยกแยะสิ่งนั้น ๆ ได้ จัดหมวดหมู่ของสิ่งนั้นได้ หาความสัมพันธ์และเชื่อมโยงได้ และสรุปความหมายของสิ่งนั้น ๆ ได้ ซึ่งการจะได้มาซึ่งทักษะการคิดวิเคราะห์นั้น ผู้วิเคราะห์จะต้องมีกระบวนการดังนี้ ทำความเข้าใจในหัวข้อหรือเรื่องที่พบ จำแนกแยกแยะ จัดหมวดหมู่ หาความสำคัญและสัมพันธ์ และสรุปความหมาย

จากกระบวนการและทักษะดังกล่าวเราจึงอาจกล่าวได้ว่า คุณลักษณะของคนที่จะคิดวิเคราะห์จึงประกอบไปด้วย

1) มีความสามารถในการจับประเด็นและเรื่องราวต่าง ๆ ได้ดี

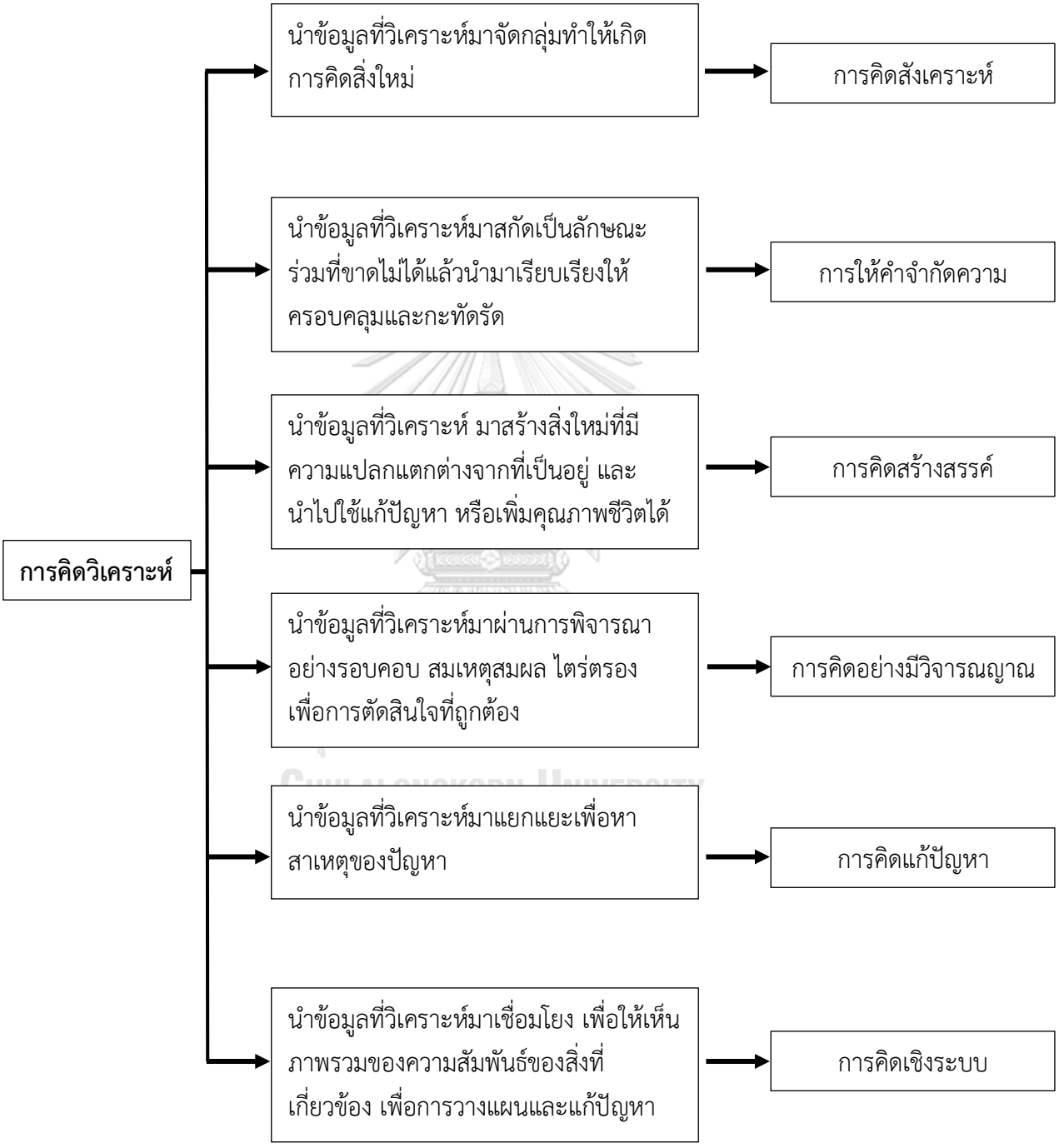
2) สามารถจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งนั้นได้

3) จัดหมวดหมู่ของสิ่งที่แยกออกมาได้

4) มองเห็นความสัมพันธ์และความสำคัญของรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดี

5) มีความสามารถในการสรุปและประยุกต์ใช้สิ่งที่สรุปได้

นอกจากนั้นลักษณะที่สำคัญของการคิดวิเคราะห์คือมีขอบเขตที่เชื่อมโยงกับการคิดอื่น ๆ ในระดับที่สูงขึ้นดังที่ นวลจิตต์ เชาวีรติพงศ์ (2560) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นส่วนประกอบส่วนต้นของการคิดระดับสูงอื่น ๆ แสดงภาพรวมตามแผนผังได้ดังนี้



แผนภาพที่ 1 ภาพรวมการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการคิดวิเคราะห์และการคิดระดับสูงอื่น ๆ (นวลจิตต์ เชาวีรติพงศ์, 2560, หน้า. 14)

4.2 แนวคิดและความหมายของการคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาและนักวิจัยได้เสนอแนวคิดและความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้หลายท่าน ผู้วิจัยจึงรวบรวมและจัดกลุ่มตามนิยามที่คล้าย ๆ กัน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีความสอดคล้องในด้านการแยกแยะองค์ประกอบของเรื่องราวเป็นหลัก ได้แก่

ลัดดา ภู่เกียรติ (2542) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์ต่าง ๆ

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) คิด หมายถึง ทำให้ปรากฏเป็นรูปหรือประกอบให้เป็นรูปหรือเป็นเรื่องขึ้นในใจ ; ใคร่ครวญ ไตร่ตรอง มุ่ง จงใจ ตั้งใจ นึก

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) วิเคราะห์ (*n*) หมายถึง ใคร่ครวญ แยกออกเป็นส่วน ๆ เพื่อศึกษาให้ถ่องแท้

กลุ่มที่ 2 คล้ายกับกลุ่มแรกแต่มีความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเพิ่มขึ้นมา ได้แก่

Marzano (2001) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การคิดวิเคราะห์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เหตุผลเป็นการคิดอย่างลุ่มลึกและหลากหลาย มีการพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนรอบด้านและมีเหตุผลจนกระทั่งสามารถสรุปจนตกผลึกเป็นความรู้ใหม่ได้

ชาตรี สำราญ (2537) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การรู้จักพิจารณาค้นหาใคร่ครวญ ประเมินค่าโดยใช้เหตุผลเป็นหลักในการหาความสัมพันธ์เชื่อมโยง หล่อหลอมเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์แบบอย่างสมเหตุสมผลก่อนที่จะตัดสินใจ

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาอย่างรอบครอบโดยใช้เหตุผล ประกอบการตัดสินใจ

วิโรจน์ นาคชาตรี (2542) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ว่า มีลักษณะคล้ายคลึงกับการจัดพวก แต่ละเอียดกว่า คือมีการหาความสัมพันธ์ ความเหมือน ความต่างกันของสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งปัญหาต่าง ๆ อย่างแจ่มแจ้ง ตลอดถึงความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าต้องการเข้าใจสิ่งนั้นในแง่ใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อรพรรณ พรสีมา (2543) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง เป็นทักษะการคิดที่จะต้องได้รับการพัฒนาต่อจากทักษะการคิดพื้นฐาน มีการพัฒนาแง่มุมของข้อมูลโดยรอบด้าน เพื่อหาเหตุผลและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ

ไสว ฟักขาว (2546) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งและหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2548) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการจำแนกแยกแยะสิ่งที่เห็น สิ่งที่พบ สิ่งที่ได้ยิน สิ่งที่สัมผัส สิ่งที่ชิมรส หรือสิ่งที่ดมกลิ่น แล้วแยกออกด้วยความคิดที่มาของสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ว่า คืออะไร มีองค์ประกอบอย่างไร เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2549) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การระบุเรื่องหรือปัญหา จำแนกแยกแยะ การเปรียบเทียบข้อมูล เพื่อจัดกลุ่มอย่างเป็นระบบ ระบุเหตุผลหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลหรือหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอในการตัดสินใจ

วนิช สุธารัตน์ (2547) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ปัญญา หรือใช้ความคิดนำพฤติกรรม ผู้ที่คิดวิเคราะห์เป็นจึงสามารถใช้ปัญญานำชีวิตได้ในทุก ๆ สถานการณ์ เป็นบุคคลที่ไม่ยึดเอาตัวเองเป็นศูนย์กลาง มีเหตุผล ไม่มีอคติ มีความยุติธรรม และการคิดวิเคราะห์จะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้อง และเทคนิคการตั้งคำถามเพื่อใช้ในการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มที่ 3 คล้ายกับสองกลุ่มแรกแต่มีความสอดคล้องในด้านหาหลักการ กฎเกณฑ์ หรือทฤษฎีที่เป็นแก่นยึดความสัมพันธ์แต่ละองค์ประกอบไว้ ได้แก่

Bloom et al. (1956) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร

Good (1945) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าเป็นไปได้ตลอดจน พิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

ลิขิต ธีรเวศิน (2542) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ต้องเริ่มจากแนวโน้มที่จะตั้งคำถามและพยายามหาคำตอบ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง การคิดวิเคราะห์จะต้องเริ่มสร้างจิตวิเคราะห์ (analytical mind) และขวนขวายหาความรู้และใฝ่รู้ มีความรู้ทางประวัติศาสตร์ สังคม และวัฒนธรรม จะสามารถคิดวิเคราะห์ประเด็นต่าง ๆ ได้ ระบบความคิดและการสรุปรวบยอดในประเด็นปัญหา จะเป็นลักษณะการสลับระหว่างสิ่งที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมเสมอ โดยใช้วิธีอุปนัย (inductive) และนิรภัย (deductive) จนสามารถสรุปเป็นทฤษฎีที่เป็นนามธรรมอันมีกระบวนการเก็บข้อมูลเป็นรูปธรรมแบบอุปนัยจำนวนหนึ่ง จากนั้นใช้ทฤษฎีนามธรรมวิเคราะห์กรณีรูปธรรมบางกรณีอันเป็นกระบวนการวิเคราะห์สลับระหว่างนามธรรมและรูปธรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2544) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การแยกข้อมูล หรือภาพรวมของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วจัดข้อมูลเป็นหมวดหมู่ ตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อให้เข้าใจและเห็นความสำคัญของข้อมูล

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแจกแจงและแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิดและความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านขั้นต้น ได้เห็นถึงความสอดคล้องของแต่ละแนวคิด พบว่าสอดคล้องกับแนวคิดของ (Bloom et al., 1956) ที่จะต้องมีการแยกแยะองค์ประกอบในเบื้องต้นและมีการหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบประกอบตามมา และจากประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์เป็นจะช่วยลดความผิดพลาดในการตัดสินใจ (Sternberg, 1996; เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553) ดังนั้น การคิดวิเคราะห์ควรจะต้องมีการหาข้อเท็จจริงจากหลักการ กฎเกณฑ์ ทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือด้วย

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อค้นหาความจริงของสิ่งเหล่านั้น

4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์มีนักการศึกษาและนักวิจัยได้เสนอองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ไว้หลายท่านเช่นเดียวกันกับความหมาย ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bloom et al. (1956) การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการแยกแยะ ส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อเรื่องต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ ในข้อมูลต่าง ๆ นั้นอาจประกอบด้วยส่วนที่เป็นความจริงความคิดเห็นของผู้เขียน หรือค่านิยมซึ่งได้แก่

1.1) ความสามารถในการตระหนักรู้ซึ่งไม่กล่าวถึงข้อสันนิษฐาน

1.2) ทักษะในการจำแนกความจริงจากสมมติฐาน

1.3) ความสามารถในการจำแนกความจริงจากข้อมูลเบื้องต้น

1.4) ทักษะในการบ่งชี้และในการพินิจพิเคราะห์ระหว่างกระบวนการพฤติกรรมกับอ้างถึงยังแต่ละบุคคลและกลุ่ม

1.5) ความสามารถที่บ่งชี้ข้อสรุปจากข้อมูล

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผู้อ่านจะต้องมีทักษะในการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหลักกับส่วนอื่น ๆ เช่น สมมติฐาน ซึ่งได้แก่

2.1) ทักษะในความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในข้อความ

2.2) ความสามารถในการระลึกในส่วนของเหตุผลของการตัดสินใจ

2.3) ความสามารถในการระลึกซึ่งเป็นความจริงหรือข้อสมมติฐาน เป็นความสำคัญหรือข้อโต้แย้งที่สนับสนุนของข้อความนั้น

2.4) ความสามารถในการตรวจสอบความเที่ยงของสมมติฐาน ซึ่งให้ข้อมูลและข้อสันนิษฐาน

2.5) ความสามารถในการจำแนกความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบจากส่วนอื่น ๆ ของความสัมพันธ์

2.6) ความสามารถในการจำแนกความสัมพันธ์ของข้อมูลในข้อโต้แย้ง ไปจำแนกความเกี่ยวข้องจากข้อมูลที่นอกเหนือไป

2.7) ความสามารถในการสืบหาความผิดปกติของข้อมูลตามหลักตรรกะ

2.8) ความสามารถในการระลึกความสัมพันธ์และรายละเอียดที่สำคัญและที่ไม่สำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การวิเคราะห์หลักการ เป็นการวิเคราะห์ระบบหลักการโครงสร้างที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงความชัดเจน และไม่ชัดเจนของโครงสร้าง ในการวิเคราะห์หลักการนี้จะต้องวิเคราะห์แนวคิด จุดประสงค์ และมโนทัศน์ ซึ่งได้แก่

3.1) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ในรายละเอียดของงาน ความสัมพันธ์ของข้อมูล และความหมายขององค์ประกอบต่าง ๆ

3.2) ความสามารถในการวิเคราะห์รูปแบบในการเขียน ความสามารถในการวิเคราะห์ จุดประสงค์ของผู้เขียน ความเห็นผู้เขียนและความรู้สึกที่มีต่องาน

3.3) ความสามารถในการวิเคราะห์ถึงมโนทัศน์ของผู้เขียนว่ากำลังกล่าวถึงสิ่งใด

3.4) ความสามารถในการวิเคราะห์เห็นถึงส่วนที่เป็นโฆษณาชวนเชื่อ

3.5) ความสามารถในการวิเคราะห์ถึงจุดที่เป็นอคติของผู้เขียน

Marzano (2001) การคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Marzano ใกล้เคียงกับแนวคิดของ Bloom โดยการคิดวิเคราะห์ของ Marzano ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน ได้แก่

1) การจับคู่ (Matching) หมายถึง ความสามารถในการจับคู่สิ่งต่าง ๆ ที่เหมือนกัน หรือสามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ ประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1) ระบุสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.2) ระบุลักษณะ คุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.3) หาความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.4) หาความแตกต่างและความถูกต้อง

2) การจัดหมวดหมู่ (Classification) หมายถึง ความสามารถในการประมวลความรู้เพื่อการจัดกลุ่ม จัดลำดับและจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถหาคุณลักษณะของสิ่งที่เหมือนกัน ประกอบด้วยความสามารถ

2.1) เลือกสิ่งของที่เหมือนกัน กำหนดตัวบ่งชี้ของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.2) ให้คำนิยามหรือคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.3) กำหนดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ และให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงอยู่ในกลุ่ม

2.4) กำหนดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ให้เหตุผลว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3) การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะข้อผิดพลาด มองเห็นความสัมพันธ์และความไม่สัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สามารถระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้องหรือเป็นไปไม่ได้ในสถานการณ์จากการสังเกตและใช้ความรู้เดิม จะพัฒนาความสามารถด้านนี้ได้ จะต้องฝึกความสามารถใน การใช้เหตุผลที่ทุกคนยอมรับได้ โดยจะต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

3.1) มีความรู้เดิมพื้นฐาน ต้องฝึกอ้างอิงความรู้เดิมที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป หรือความรู้ที่ได้จากการพิสูจน์ทดลอง หรือความจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2) ฝึกฝนการใช้หลักฐาน เพราะหลักฐานจะเป็นการอธิบายอย่างละเอียดและตีความข้อมูลพื้นฐานนั้น

3.3) มีข้อมูลสนับสนุน สามารถหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาสนับสนุนความคิดของตนเอง เป็นการสนับสนุนหลักฐานให้ได้รับการยอมรับนับถือมากขึ้น

3.4) ขยายความสามารถ ขยายความคิดของตนเองให้เป็นที่ยอมรับ ให้ข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ได้

4) การสรุปอ้างอิงหลักการ (Generalization) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีไปสรุปเป็นหลักการใหม่ นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม หรือสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีขั้นตอนการสรุปอ้างอิง ดังนี้

4.1) พิจารณา สังเกตข้อมูลอย่างถี่ถ้วนและสันนิษฐาน สรุปผลข้อมูลที่มีอยู่

4.2) หารูปแบบการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น

4.3) สร้างหลักการรูปแบบการอธิบายข้อมูล

4.4) ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันหลักการหรือเปลี่ยนแปลงหลักการนั้น

5) การทำนาย (Specifying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการที่มีอยู่ไปใช้ในการทำนายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างจำเพาะเจาะจง สามารเข้าใจเหตุการณ์ปรับเปลี่ยนวิธีการได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้นต่อไป กล่าวคือ สามารถนำข้อสรุป หลักการใหญ่มาระบุรายละเอียดได้ ประกอบด้วยความสามารถ ดังนี้

5.1) บอกสถานการณ์ที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมได้

5.2) ระบุหลักการและสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น

5.3) สร้างความมั่นใจในสถานการณ์และเงื่อนไขที่อาจเกิดขึ้น

5.4) เมื่อนำหลักการไปใช้แล้ว ระบุสถานการณ์ได้ ระบุข้อสรุปได้ สามารถทำนายได้บอกข้อสรุป สถานการณ์และสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้หากมีการนำไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลัดดา ภู่เกียรติ (2542) ได้ให้องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ แบ่งเป็น

1) การวิเคราะห์ความสำคัญโดยให้ค้นหาความสำคัญของเรื่อง

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยให้ค้นหาความสำคัญย่อย ๆ ว่ามีความเกี่ยวพันอย่างไร

3) การวิเคราะห์หลักการโดยให้ค้นหาแก่นที่ยึดความสำคัญของเรื่อง

ไสว ฟักขาว (2546) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ ว่าประกอบด้วย

1) ความสามารถในการตีความ หมายถึง ความพยายามที่จะทำให้ความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราต้องการจะวิเคราะห์เพื่อแปลความหมายของสิ่งนั้นให้ปรากฏ แต่ละคนอาจใช้เกณฑ์ต่างกัน

2) ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์ต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ดีพอ ไม่เช่นนั้นจะเป็น การใช้ความรู้สึกส่วนตัว

3) ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และซักถาม คุณสมบัตินี้จะช่วยให้ผู้วิเคราะห์ได้ข้อมูลมากเพียงพอก่อนที่จะวิเคราะห์

4) ความสามารถหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โดยเริ่มจากการแจกแจงข้อมูลเพื่อให้เห็นภาพรวม จากนั้นจึงคิดหาเหตุผลเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อค้นหาความจริง

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ว่า ประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีสาระสำคัญอะไร มีปัจจัยอะไรบ้าง มีเหตุมีผลอย่างไร การวิเคราะห์ส่วนประกอบไม่ใช่เรื่องยาก แม้แต่นักเรียนระดับปฐมวัยก็สามารถวิเคราะห์ส่วนประกอบได้

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลหรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง เมื่อมีเหตุย่อมมีผล ผลย่อมเกิดจากเหตุ เหตุกับผลหรือผลกับเหตุย่อมมีความสัมพันธ์กัน เป็นทฤษฎีที่นักเรียนสามารถรับรู้และเข้าใจได้

3) การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสอดคล้องขององค์ประกอบการคิดวิเคราะห์แต่ละนักการศึกษา

จากการวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ของนักการศึกษาแต่ละท่าน สรุปเป็นตารางความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้ดังตารางที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 ความสอดคล้องขององค์ประกอบการคิดวิเคราะห์ของนักการศึกษาแต่ละท่าน

การคิดวิเคราะห์ Analysis					
นักการศึกษา	**Bloom et al. (1956)**	**Marzano (2001)**	**ลัดดา ภู่เกียรติ (2542)**	**ไสว ฟักขาว (2546)**	**สุวิทย์ มูลคำ (2547)**
องค์ประกอบ	1. การวิเคราะห์ความสำคัญ		1. การวิเคราะห์ความสำคัญ	3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และซักถาม	1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ
	2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1. การจับคู่ / การเปรียบเทียบ 2. การจัดหมวดหมู่ 3. การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด/การจับผิด	2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1. การตีความ 4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล	2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์
	3. การวิเคราะห์หลักการ	4. การสรุปอ้างอิงเป็นหลักการ 5. การทำนาย	3. การวิเคราะห์หลักการ	2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์	3. การวิเคราะห์หลักการ

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ข้างต้น องค์ประกอบของแต่ละนักการศึกษามีความสอดคล้องกันกับองค์ประกอบของ Bloom et al. (1956) โดยองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Elements) เป็นความสามารถในการแยกองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ เพื่อชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญของเรื่องราว

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล

3. วิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organization Principles) เป็นความสามารถในการค้นหาว่าภายในเรื่องราวต่าง ๆ รวมกันอยู่ได้เพราะยึดหลักหรือแกนอะไรเป็นสำคัญ

4.4 แนวทางในการวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดวิเคราะห์

เนื่องจากการคิดวิเคราะห์เป็นทักษะพุทธพิสัย จึงใช้แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher-Made Test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่ม หรือเพื่อศึกษาจุดเด่น-จุดบกพร่องของนักเรียนใช้ทั่วไปในโรงเรียน เมื่อมีการสอบใหม่ครูจะสร้างขึ้นใหม่หรือนำของเก่ามาปรับปรุงแก้ไข ส่วนใหญ่จะไม่ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ หรือวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบรายข้อ และเป็นแบบทดสอบปรนัย (Objective Test) คือ แบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบที่ถูกจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ได้แก่ แบบถูกผิด แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ (ภัทรา นิคมานนท์, 2538)

คำถามที่ใช้วัดการคิดวิเคราะห์ เป็นคำถามที่สามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือความประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นยังมองถึงว่า ส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดนอาศัยหลักการใด จะเห็นได้ว่าสมรรถภาพด้านวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันอยู่เสมอ และพยายามมองให้ลึกลงไปถึงแก่นแท้ของเรื่องและเหตุการณ์นั้น ๆ การวิเคราะห์จึงต้องอาศัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ มาประกอบการพิจารณา พฤติกรรมนี้แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. วิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of Elements) คำถามประเภทนี้ เป็นการถามให้วิเคราะห์มูลเหตุ ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ และความสำคัญของเรื่องราวทั้งปวง การสร้างคำถามจะต้องให้เด็กมองหาสิ่งที่มีให้เลือก ดังนั้นการสร้างตัวคำถามมักจะมีคำว่าที่สุดอยู่ด้วยเสมอ ส่วนการเขียนตัวเลือกจะต้องให้เป็นถูกทุกตัว แต่พยายามให้มีตัวหนึ่งที่ถูกมากที่สุด เวลาเด็กคิดจะได้เปรียบเทียบดูว่า เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด เด็กจะได้คิดแล้วคิดอีกจนเกิดความแน่ใจในเหตุผลของตนเอง

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นต่างติดต่อเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อาจจะถามความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับเหตุ เนื้อเรื่องกับผล เหตุกับผล ก็ได้ จุดใหญ่ใจความพยายามค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกันเป็นตัวร่วม

3. วิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organizational Principles) เป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดถือหลักการใด มีเทคนิคการเขียนอย่างไรจึงชวนให้คนอ่านมีมโนภาพหรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใดเป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ คำถามวิเคราะห์หลักการมักจะมีคำลงท้ายว่า ยึดหลักการใด มีหลักการใดอยู่เสมอ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

งานวิจัยของ นิติกร อ่อนโยน (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง เปรียบเทียบกับนักเรียนที่มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบสอบปรนัย 8 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ(ตามองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์) รวมทั้งหมด 24 ข้อ

ตัวอย่างสถานการณ์ ให้นักเรียนอ่านบทสนทนาต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1-3

ณัฐ : เมื่อก่อนสาร DDT นอกจากจะใช้เป็นยาฆ่าแมลงศัตรูพืช แล้วยังใช้ DDT กำจัดยุงก้นปล่องที่นำเชื้อมาลาเรียมาสู่คนจริง

วรวรรณ: จริงสิ หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์สาร DDT ได้และพบว่า มันสามารถฆ่าแมลง เช่น ยุง ได้ จึงได้มีการนำมาใช้ในการกำจัดยุง โดยเฉพาะในทวีปแอฟริกาซึ่งมียุงชนิดนี้ชุกชุม การระบาดของเชื้อมาลาเรียจึงมีอยู่อย่างต่อเนื่องและมีความรุนแรง ดังนั้นจึงมีการใช้สาร DDT กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งสาร DDT ยังมีราคาถูก

เอกภักดิ์: นี่เมื่อก่อนนะ ในประเทศตะวันตก สาร DDT เป็นสารที่ทุกบ้านมีไว้สำหรับกำจัดยุงแมลงต่าง ๆ ในบ้าน

ณัฐ : แล้วทำไมปัจจุบันสาร DDT จึงเป็นสารอันตรายที่มีการห้ามใช้ล่ะ

วรวรรณ: เพราะมีการค้นพบว่า สาร DDT เป็นสารอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิดรวมถึงมนุษย์ด้วย และเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสร้างความตื่นตระหนกให้กับนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง

เอกภักดิ์: ตั้งแต่อดีตที่มีการระดมใช้ DDT ได้มีผลกระทบติดตามมาจนถึงทุกวันนี้คือสภาพแวดล้อมของโลกมี DDT สะสมคั่งค้าง เพราะสาร DDT ไม่สลายตัว

วรวรรณ: สำหรับมนุษย์นั้น สาร DDT สามารถทำลายเชื้ออสุจิของผู้ชาย ซึ่งถ้าการทำลายนั้นรุนแรงจะทำให้เป็นหมันและเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก หรือถ้าเชื้ออสุจิที่ผิดปกติได้ปฏิสนธิกับไข่ในผู้หญิง ทารกที่คลอดออกมาก็อาจมีอวัยวะที่ไม่สมประกอบ

ณัฐ : ตายแล้ว!!! งั้นเราก็ไม่สามารถควบคุมการระบาดของมาลาเรียได้สิ

วรวรรณ: ไม่หรอก นักวิทยาศาสตร์ได้มีการค้นคว้าสารมาทดแทน DDT เช่น สาร Pyrethroid สาร Deltamathrin เป็นต้น ซึ่งก็ไม่คุ้มทุนรัฐบาลน่ะ เพราะมันราคาแพง

ณัฐ : แล้วทำยังไงล่ะ

วรวรรณ: ก็มีการทำโครงการกำจัดมาลาเรียด้วยวิธีควบคุมเชิงชีวภาพ คือ ฝึกปลาให้กินยุงหรือกำจัดพื้นที่การแพร่พันธุ์ของยุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐ : งั้นก็แสดงว่า เราสามารถควบคุมการระบาดของมาลาเรียได้ในระดับหนึ่ง

วรวรรณ: ใช่แล้วจ้า

ข้อ 1 นักเรียนกลุ่มนี้กำลังสนทนาเกี่ยวกับประเด็นใดบ้าง **(วิเคราะห์องค์ประกอบ)**

1. วิธีการกำจัดยุงก้นปล่อง
2. สถานการณ์ของไข้มาลาเรีย
3. ประโยชน์และโทษของสาร DDT
4. การควบคุมการระบาดของมาลาเรีย

ก. 1 2 และ 3 ข. 1 2 และ 4

ค. 2 3 และ 4 ง. 1 3 และ 4

ข้อ 2 ข้อใดคือต้นเหตุของปัญหาเกี่ยวกับสาร DDT **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

ก. การขาดความรู้ของผู้ใช้สาร

ข. ความไม่รอบคอบของนักวิทยาศาสตร์

ค. การขาดความเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อมของผู้ใช้สาร

ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 3 ข้อใดคือแนวคิดหลักของเรื่อง **(วิเคราะห์หลักการ)**

ก. อันตรายของสาร DDT

ข. สาร DDT กับการกำจัดแมลง

ค. สถานการณ์ไข้มาลาเรียในปัจจุบัน

ง. การควบคุมการระบาดของมาลาเรีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยของ สมบูรณ์ รัตนบุญศรีทอง (2553) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบบปรนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ(ตามองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์) รวมทั้งหมด 27 ข้อ

ตัวอย่างสถานการณ์ ให้นักเรียนอ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1-3

“หนึ่งในบรรดาปัญหาที่สัตว์โลกจำเป็นต้องเผชิญ คือ ของเสียจากธรรมชาติ เป็นต้น ซากพืช ซากสัตว์ย่อยสลายไปอย่างรวดเร็ว แต่ของเสียส่วนใหญ่ที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นอันตรายและกำจัดยาก ของเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดภาวะอันตราย เรียกว่า ภาวะมลพิษ ที่อันตรายที่สุดคือควันพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม ควันพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ เมื่อควันดังกล่าวทำปฏิกิริยากับน้ำฝนเกิดฝนกรด ณ ปัจจุบันฝนกรดทำลายต้นไม้ไปแล้วนับล้านต้น หากเราต้องการปกปักรักษาสิ่งแวดล้อม เราต้องพยายามและเว้นการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ 1 ปัญหาจากบทความเป็นปัญหาในเรื่องใด (วิเคราะห์องค์ประกอบ)

1. ปัญหาฝนกรด
2. ปัญหาจากการปล่อยควันพิษของโรงงาน
3. ปัญหามลพิษในอากาศ
4. ปัญหามลภาวะทางน้ำ

ก. 1 2 และ 3 ข. 2 3 และ 4

ค. 1 3 และ 4 ง. 1 2 และ 4

ข้อ 2 สาเหตุของปัญหาดังกล่าวที่สำคัญที่สุดคือ

ก.ควันพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

ข. จำนวนต้นไม้ในป่าลดลงอย่างรวดเร็ว

ค. การขาดความเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อม

ง. ควันพิษในอากาศที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อ 3 ประเด็นสำคัญที่สุดที่ผู้เขียนต้องการสะท้อนถึงผู้อ่าน

ก. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นทุกปี

ข. มนุษย์ขาดความตระหนักในการลดมลภาวะในอากาศ

ค. มนุษย์ต้องช่วยกันลดการปล่อยของเสียเพื่อลดมลพิษทางอากาศ

ง. มนุษย์เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้จำนวนต้นไม้ในป่าลดลงอย่างรวดเร็ว

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement)

หากจะวัดว่าการจัดการเรียนการสอนเคมีของครูนั้นมีประสิทธิภาพต่อนักเรียนเพียงใด สิ่งพื้นฐานที่จะตอบได้คือการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน ถึงแม้จะเป็นการวัดที่มีผู้วิจัยใช้จำนวนมาก แต่ก็ปฏิเสธไม่ได้ว่าเป็นการวัดที่เป็นมาตรฐาน และนอกจากจะพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ แล้วความรู้ที่นักเรียนได้รับก็ควรจะเป็นมาตรฐานเช่นกัน ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาที่เรียนรู้มาแล้ว นักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางเรียนเป็นการวัดความรู้เชิงวิชาการ เน้นการวัดความรู้ ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือในสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

เนื่องจากเคมีเป็นวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์และจากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาข้างต้น ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี หมายถึง ขนาดความสำเร็จของความรู้ความสามารถเชิงวิชาการในวิชาเคมี

5.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

Bloom et al. (1956) เชื่อว่าการจัดการเรียนการสอนที่จะประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจน และได้แบ่งประเภทพฤติกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะทางกาย (Psychomotor domain) ในการจัดการเรียนรู้ ออกแบบหลักสูตร วัด และประเมินผลการเรียนรู้

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นพฤติกรรมด้านสมองที่เกี่ยวกับความคิด ความสามารถในการคิด สติปัญญา ซึ่งพฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1) ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจำแนกประสบการณ์ต่าง ๆ และระลึกถึงเรื่องราวนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราว โดยการแปลความ ตีความ สรุปในความสำคัญ

3) การนำไปใช้ (Applying) เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎ เกณฑ์ และวิธีการต่าง ๆ ของเรื่องที่ได้เรียนรู้มา นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว หาความสัมพันธ์ของเรื่องราว และหาแก่น หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ ของเรื่องราว

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยของเรื่องราวเข้าด้วยกัน และปรับปรุงให้ดีขึ้น

6) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสิน วินิจฉัย โดยใช้เกณฑ์ มาตรฐานในการวัดที่กำหนดไว้

Klopfer (1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) ได้ให้แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยได้เสนอพฤติกรรมของนักเรียนที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนจะแสดงออก ซึ่งพฤติกรรมที่ Klopfer ได้เสนอไว้นั้นครอบคลุมผลสัมฤทธิ์ที่พึงได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา พฤติกรรมบางประเภทจะคล้ายคลึงกับ Taxonomy of Education Objectives, Handbook I ของ (Bloom et al., 1956) แต่ส่วนที่แตกต่างออกไปของที่ Klopfer ได้เสนอไว้คือ พฤติกรรมประเภทต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความน่าสนใจตรงที่วิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญในแง่ของระบบการค้นคว้าหาความรู้ พฤติกรรมของนักเรียนที่ Klopfer ได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมไว้ มีดังนี้

1) ความรู้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการรำลึกถึงข้อมูลที่ได้รับมา โดยนักเรียนสามารถแสดงออกถึงความรู้ได้ ดังนี้

1.1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง

1.2) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

1.3) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงของชุมชนวิทยาศาสตร์

1.5) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้มของปรากฏการณ์

1.6) ความรู้เกี่ยวกับการจัดจำพวก ประเภท และเกณฑ์ต่าง ๆ

1.7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.8) ความรู้เกี่ยวกับกฎ หลักการทางวิทยาศาสตร์

1.9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี

2) ความเข้าใจ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถเข้าใจเรื่องราวและแสดงออกซึ่งความเข้าใจออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1) การระบุถึงข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการหรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าสิ่งเหล่านั้นจะอยู่ในรูปแบบใหม่ที่ต่างไปจากรูปแบบเดิมที่เคยเรียนมาแล้วก็ตาม

2.2) การแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการหรือทฤษฎี ที่อยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปแบบของสัญลักษณ์อื่น

3) กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมของนักเรียนวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงการมีส่วนร่วมในกระบวนการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยมีพฤติกรรม 4 รูปแบบที่จัดเรียงตามลำดับขั้นของการเข้าร่วมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการศึกษาเรื่องราวของธรรมชาติและสร้างสรรค์แนวความคิดใหม่ ๆ ขึ้นมา มีพฤติกรรมดังนี้

3.1) การสังเกตและการวัด

3.2) การระบุปัญหาและหาทางที่จะแก้ปัญหา

3.3) การแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป

3.4) การสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี

4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่ยังไม่ทราบคำตอบมาก่อนโดยนำเอาความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่สั่งสมไว้ออกมาใช้ Klopfer ได้แบ่งพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของปัญหาที่นักเรียนจะนำเอาความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน ได้แก่ สถานการณ์ทั่ว ๆ ไปในชั้นเรียนที่นักเรียนต้องนำเอาความรู้หรือทักษะที่ได้จากการเรียนไปใช้แก้ปัญหาในเรื่องอื่นที่อยู่ในวิชาเดียวกัน

4.2) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น

4.3) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เทคโนโลยี

Krathwohl and Anderson (2009) ได้ปรับปรุงลำดับขั้นอนุกรมวิธานจากแนวคิดของ Bloom เรียกได้เป็น Revision of Bloom's Taxonomy Educational Objective แบ่งออกเป็น 2 มิติ ได้แก่ ด้านความรู้ (Knowledge domain) และด้านกระบวนการการเรียนรู้ทางปัญญา (Cognitive process domain) ข้อแตกต่างจากแนวคิดของ Bloom คือ มีการเพิ่มมิติด้านความรู้เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และในส่วนของกระบวนการการเรียนรู้ทางปัญญา ได้มีการรวมขั้นสังเคราะห์ไว้กับขั้นสร้างสรรค์ มีการเปลี่ยนแปลงชื่อลำดับขั้นจากคำนามให้เป็นคำกริยาเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายและนำไปปฏิบัติได้ง่ายขึ้น ดังตาราง

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงระหว่างแนวคิดของ Bloom และ Revised Bloom

Bloom's Taxonomy Bloom et al. (1956)		Revised Taxonomy Krathwohl and Anderson (2009)
6. Evaluation (การประเมินค่า)	↗	6. Creating (สร้างสรรค์)
5. Synthesis (การสังเคราะห์)	↘	5. Evaluating (ประเมินค่า)
4. Analysis (การวิเคราะห์)	→	4. Analyzing (วิเคราะห์)
3. Application (การนำไปใช้)	→	3. Applying (ประยุกต์และนำไปใช้)
2. Comprehension (ความเข้าใจ)	→	2. Understanding (เข้าใจ)
1. Knowledge (ความรู้)	→	1. Remembering (จำ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้านกระบวนการการเรียนรู้ทางปัญญา (Cognitive process domain)

1) จำ (Remembering) เป็นระดับพื้นฐานของการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ ดึงเอาความรู้การสืบค้น การเตือนความจำ ที่ได้จากความรู้เดิมมาพัฒนาต่อไปในระดับที่สูงขึ้น

2) เข้าใจ (Understanding) เป็นกระบวนการสร้างความรู้อย่างมีความหมาย จากสื่อต่าง ๆ จากการอธิบาย การพูด การเขียน เป็นต้น เพื่อที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียนรู้

3) ประยุกต์และนำไปใช้ (Applying) เป็นการนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ด้วยวิธีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

4) วิเคราะห์ (Analyzing) เป็นกระบวนการนำองค์ประกอบ แยกย่อย ส่วนต่าง ๆ ของการเรียนรู้ มาประกอบเป็นโครงสร้างใหม่ ด้วยการพิจารณาแยกแยะว่ามีส่วนใดสำคัญ สัมพันธ์กันอย่างไร มีวัตถุประสงค์ใด

5) ประเมินค่า (Evaluating) เป็นการเลือก ตัดสิน สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้สู่บริบทตนเอง สามารถวัดได้ว่าอะไรถูกหรือผิดบนพื้นฐานของเหตุผลและกฎเกณฑ์ที่แน่ชัด

6) สร้างสรรค์ (Creating) เป็นระดับสูงสุดของการเรียนรู้ เพื่อให้ได้องค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันในรูปแบบใหม่

Marzano (2001) ได้พัฒนาจุดมุ่งหมายทางการศึกษาใหม่เรียกว่า A New Taxonomy of Education Objectives พัฒนาจากข้อจำกัดของ Bloom ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยแบ่งความคิดออกเป็น 3 ระบบ (Three Systems of Thinking) ได้แก่ ระบบตนเอง (Self-system) ระบบรู้คิด (Metacognitive System) และระบบสติปัญญา (Cognitive System) โดยทั้ง 3 ระบบนี้จะแบ่งขั้นออกเป็น 6 ระดับ (Six Level of Taxonomy)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับ 1 : ทบทวนความรู้ (Retrieval)
ระดับ 2 : ความเข้าใจ (Comprehension)
ระดับ 3 : การวิเคราะห์ (Analysis)
ระดับ 4 : การนำความรู้ไปใช้ (Knowledge Utilization)

→ **ระบบสติปัญญา**
Cognitive System

ระดับ 5 : ระบบรู้คิด (Metacognitive System)
ระดับ 6 : ระบบตนเอง (Self-system)

ด้านระบบสติปัญญา (Cognitive System) ประกอบด้วย 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ทบทวนความรู้ (Retrieval) เป็นการทบทวนความรู้เดิม เมื่อรับข้อมูลใหม่จะเก็บเป็นคลังข้อมูล ถ่ายโอนความรู้สู่ความจำ นำไปใช้ในการปฏิบัติโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างความรู้นั้น

ระดับที่ 2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการเข้าใจวัตถุประสงค์ที่เรียนรู้ สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการจำแนกความเหมือน ความต่าง อย่างมีหลักการ การจัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้ และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 การนำความรู้ไปใช้ (Knowledge Utilization) เป็นการใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่าง และพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปความ มีการตั้งสมติฐานและการทดสอบสมมติฐานบนพื้นฐานของความรู้

จากการทบทวนวรรณกรรม ศึกษาแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีข้างต้น ได้พบว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นไปในทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของ Klopfer ที่เป็นการวัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2549) แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา และทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ การให้คะแนน และการแปลผล มีความเป็นปรนัย (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliabity) แบบทดสอบมาตรฐาน ได้แก่ California Achievement Test, Lowa Test of Basic Skills, Standford Achievement Test และ Metropolitan Achievement Tests

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Tests) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้สอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) ได้แก่ แบบถูก-ผิด (True False) แบบจับคู่ (Matching) แบบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion) แบบตอบสั้น (Shot Answer) และแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

โดยมีตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Klopfer (1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) ที่เป็นแบบสอบปรนัยและในแต่ละข้อจะครอบคลุมพฤติกรรมของนักเรียนทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังแสดงในตารางที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ Klopfer (1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525)

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์	ประเมินระดับพฤติกรรม
ตัวอย่างข้อที่ 1. ข้อใดควรจะเป็นตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ก. การหลอมเหลวของน้ำแข็ง ข. การเตรียมออกซิเจนจากน้ำ ค. การควบแน่นของไอน้ำ ง. การที่น้ำตาลละลายในน้ำชา	**ความรู้** (ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์)
ตัวอย่างข้อที่ 2. สถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้แสดงถึงการเปลี่ยนรูปของพลังงานจากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่ง ข้อใดที่บอกถึงการเปลี่ยนรูปจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานความร้อน ก. ขณะที่คนผู้หนึ่งกำลังไต่เขาอยู่นั้น ก้อนหินที่อยู่ใกล้ ๆ หลุดออกจากที่และกลิ้งลงมาตามเชิงเขา ข. แสงอาทิตย์ส่องลงมาต้องเศษแก้ว ทำให้เศษแก้วนั้นร้อนขึ้น ค. ชายผู้หนึ่งนั่งโยกเก้าอี้อยู่ไปมา ทำให้ส่วนฐานของเก้าอี้โยกถูไถอยู่กับพื้นตลอดเวลา	**ความเข้าใจ** (ความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุและแปลความหมายถึงข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการหรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง)
ตัวอย่างข้อที่ 3. เครื่องมือชนิดใดเหมาะสำหรับวัดปริมาตรของสาร ก. บีกเกอร์ตวง ข. ไม้บรรทัด ค. ตาชั่งสองแขน ง. เทอร์โมมิเตอร์ จ. ตาชั่งสปริง	**กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์** (การสังเกตและการวัด)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์	ประเมินระดับพฤติกรรม
ตัวอย่างข้อที่ 4. ธาตุ Glubbium เป็นธาตุกึ่งตัวนำ ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น คุณสมบัติในการเป็นสื่อไฟฟ้าของธาตุตัวนี้จะ ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง ค. คงเดิม ง. มีค่าเป็นศูนย์ในทันที จ. มีค่าเป็น infinity ในทันที	**การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้** (การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน)

6. การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

วรรณี แกมเกตุ (2555) การตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม มีวิธีการตรวจสอบในด้านของความตรงของเนื้อหารายข้อ ความเป็นปรนัย ความยาก และอำนาจจำแนก ซึ่งความยากและอำนาจจำแนกเหมาะสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบในเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 ความตรงของเนื้อหารายข้อ (Item Content Validity)

วรรณี แกมเกตุ (2555) กล่าวว่าความตรงของเนื้อหารายข้อเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหา หรือนิยามตัวแปรที่มุ่งวัดหรือไม่ ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการนำข้อคำถามที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งเนื้อหาและนิยามปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านการวัดและประเมินผลจำนวนหนึ่ง พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาหรือนิยามตัวแปรที่มุ่งวัด โดยผลการพิจารณาอาจให้คะแนนเป็นดังนี้

+1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

-1 หมายความว่า แน่ใจข้อคำถามวัดไม่ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

หลังจากนั้นจึงนำผลการตรวจสอบความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ (Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยมีเกณฑ์การตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ ดังนี้

ถ้า $IOC > 0.50$ ถือว่าข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหา/จุดประสงค์

ถ้า $IOC \leq 0.50$ ถือว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา/จุดประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 ระดับความยาก (Level of Difficulty)

วรรณี แกมเกตุ (2555) กล่าวว่าระดับความยากเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะบ่งชี้ถึงคุณภาพของข้อคำถามในเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ (test) ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ค่าความยาก } (P) = \frac{\text{จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก}}{\text{จำนวนคนที่ตอบทั้งหมด}}$$

กล่าวได้ว่าค่าความยาก หมายถึง ค่าสัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบนั้น ๆ ได้ถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้ตอบทั้งหมด ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก ดังนี้

1) ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ .00 ถึง 1.00 ค่ายิ่งเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย แต่ถ้าค่ายิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก

2) ค่าความยากที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง .80

3) ค่าความยากที่พอเหมาะควรมีค่าอยู่ระหว่าง .40 ถึง .60

6.3 อำนาจจำแนก (Power of Discrimination)

วรรณี แกมเกตุ (2555) กล่าวว่าอำนาจจำแนก (r) หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อคำถามในการจำแนกผู้ตอบออกเป็นกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ หรือกลุ่มคนเก่งกับกลุ่มคนอ่อน ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของข้อคำถามในเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบโดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

1) ในกรณีที่แบบทดสอบมีการตรวจให้คะแนนแบบตอบผิดให้ 0 คะแนน ตอบถูกให้ 1 คะแนน มีวิธีการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อทั้งความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบดังนี้

1.1) นำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่ง ตรวจให้คะแนนคำตอบ รวมคะแนนของแต่ละคน แล้วเรียงลำดับคะแนนจากสูงไปต่ำ

1.2) แบ่งผลการตอบของกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม (โดยใช้เทคนิค 27%, 33%, หรือ 50%) เป็นกลุ่มที่ได้คะแนนสูง (H) กับกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ (L) และแจกแจงความถี่เพื่อนับจำนวนคนในแต่ละกลุ่มที่ตอบข้อสอบถูกในแต่ละข้อ

1.3) คำนวณค่าความยาก

$$\text{ค่าความยาก } (\mathrm{P}) = \frac{\mathrm{R_H} + \mathrm{R_L}}{\mathrm{n_H} + \mathrm{n_L}}$$

1.4) คำนวณค่าอำนาจจำแนก

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก } (\mathrm{r}) = \frac{\mathrm{R_H} - \mathrm{R_L}}{\mathrm{n_H} \text{ หรือ } \mathrm{n_L}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ R_H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n_H คือ จำนวนคนในกลุ่มสูง

n_L คือ จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

6.4 ความเที่ยง (Reliability)

ความเที่ยงเป็นความน่าเชื่อถือของข้อมูลของเครื่องมือวิจัยซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากความสอดคล้องของเครื่องมือวิจัย (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) ดังนี้

6.4.1 ความเที่ยงประเภทความสอดคล้องภายใน (internal consistency)

ความเที่ยงใช้วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method)

$$r_{KR-21} = \left(\frac{K}{K-1}\right)\left(1 - \frac{\bar{x}(K-\bar{x})}{Ks^2}\right)$$

เมื่อ r_{KR-21} คือ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

K คือ จำนวนข้อทั้งหมดของแบบทดสอบ

$\bar{x}$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.4.2 ความเที่ยงแบบคู่ขนาน (Equivalence)

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง (2559) ระบุว่าความเที่ยงแบบคู่ขนานเป็นความสอดคล้องของคะแนนที่วัดจากเครื่องมือ 2 ฉบับ ที่มีโครงสร้างการวัดเนื้อหาแบบเดียวกัน ใช้รูปแบบวิธีการวัดเดียวกัน มีคุณภาพรายข้อทั้งความยากและอำนาจจำแนกที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะใช้สูตรเดียวกันกับการหาความเที่ยงแบบการทดสอบซ้ำแต่เปลี่ยนจากแบบทดสอบชุดเดิมเป็นแบบทดสอบ 2 ชุด ได้แก่

$$r_{xy} = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(N\sum x^2 - (x)^2)(N\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} คือ ค่าความเที่ยง

x คือ การวัดครั้งที่ 1

y คือ การวัดครั้งที่ 2

6.5 ขนาดของผล (Effect size)

สุพัฒน์ สุกมลสันต์ (2553) อธิบายขนาดของผล หมายถึง ขนาดของผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามที่ได้จากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบหรือเชิงความสัมพันธ์ โดยใช้สูตร Cohen's d ของ (Furr, 2008)

$$d = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sigma_{pooled}}$$

เมื่อ $\overline{x_1}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\overline{x_2}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

$$\sigma^2_{pooled} = \sqrt{\frac{n_1 S.D._1^2 + n_2 S.D._2^2}{n_1 + n_2}}$$

n คือ จำนวนประชากรของแต่ละกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cohen (2013) และ Hopkins (2002) ได้กำหนดความหมายของขนาดของผลไว้ ดังนี้

d = 0.10	หมายถึง	มีผลขนาดน้อยมาก
d = 0.20	หมายถึง	มีผลขนาดเล็กน้อย
d = 0.50	หมายถึง	มีผลขนาดปานกลาง
d = 0.80	หมายถึง	มีผลขนาดมาก
d = 0.90	หมายถึง	มีผลขนาดใหญ่มาก

6.6 การศึกษาพัฒนาการ (Normalized gain)

Hake (2002) ระบุว่าการศึกษาพัฒนาการ (normalized gain) หรือ <g> คือ ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียนคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ เพื่อดูผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีการพัฒนาขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยเป็นการประเมินผลการเรียนรู้จากผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ที่คำนึงถึงข้อจำกัดเรื่องคะแนนต่ำสุด (floor effect) ที่นักเรียนจะมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 % และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (ceiling effect) ไม่เกิน 100 % หรือที่เรียกว่า floor and ceiling effect โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการตาม Hake (2002) ได้ดังนี้

$$< g >= \frac{(\%posttest) - (\%pretest)}{(100\%) - (\%pretest)}$$

เมื่อ $< g >$ คือ ค่าการศึกษาพัฒนาการ (normalized gain)

$\%posttest$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

$\%pretest$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คะแนนที่นำมาคิดจะใช้เฉพาะนักเรียนที่สอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเท่านั้น และในการคำนวณอาจจะไม่ต้องคิดแบบเปอร์เซ็นต์ก็ได้ สามารถใช้คะแนนสอบจริงแทนก่อนเรียนและหลังเรียนและใช้คะแนนเต็มจริงของข้อสอบชุดนั้นแทน 100% ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0

Hake (2002) แบ่งระดับค่า normalized gain เป็น 3 ระดับ ได้แก่

High gain	มีค่า	<g> ≥ 0.7
Medium gain	มีค่าระหว่าง	0.3 ≤ <g> < 0.7
Low gain	มีค่าระหว่าง	<g> < 0.3

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E เคยถูกใช้พัฒนาตัวแปรตามใดบ้าง รวมถึงมีวิธีการสอนใดบ้างที่เคยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย

7.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยเทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ศึกษาโดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วย 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งกลุ่มทดลองยังมีคะแนนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Supasorn and Promarak (2015) จากการใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ 5E ร่วมกับการเรียนรู้เชิงเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย มากกว่าการทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ก่อนเรียน และน้อยกว่าการทดสอบความคงทนที่มีคะแนน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าการใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องเกี่ยวอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้

Purnomo, Kirana, and Ibrahim (2017) ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E กับแนวเทียบในการพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างนักเรียนปริญญาตรีจำนวน 27 คน ที่เรียนวิชาชีววิทยา ประเทศอินโดนีเซีย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จในการทำความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อที่มีความเป็นนามธรรม และนักเรียนทุกคนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

จากงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่ใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจมโนทัศน์ และความเข้าใจเชิงลึก

7.2 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

น้องนาง ปรืองาม (2554) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 76.2 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียน รายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส สูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีคะแนนเฉลี่ย 31.88 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.52 และนักเรียนร้อยละ 78.57 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส สูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีคะแนนเฉลี่ย 29.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.96

Chonkaew, Sukhummek, and Faikhamta (2016) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วย STEM ศึกษา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 90 คน (ชาย 34 คน และหญิง 56 คน) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย STEM ศึกษาที่ขึ้นกับการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐานประสบผลสำเร็จในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยร้อยละ 80 ของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระดับสูง และหลังเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นิติกร อ่อนโยน (2551) ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง และกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์สามารถพัฒนาได้จากวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ด้วย STEM และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง

7.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แนวเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

S. M. Glynn and Takahashi (1998) ทำวิจัยเรื่องการเรียนรู้แนวเทียบในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ในประเทศจอเจียร์ ที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนรู้ด้วยการใช้แนวเทียบในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในด้านการจดจำและการทบทวนความรู้ทันทีเมื่อเรียนไป 2 สัปดาห์ โดยนักวิจัยให้เหตุผลว่าแผนภาพแนวเทียบที่นักเรียนคุ้นเคยจะช่วยให้นักเรียนสร้างโครงสร้างการรับรู้มโนทัศน์ด้วยความเข้าใจและความจำได้ดีขึ้น

Gentner (2010) ทำวิจัยเรื่องกระบวนการพัฒนาความคิดจากการใช้กระบวนการของแนวเทียบและระบบสัญลักษณ์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในของการใช้แนวเทียบเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบและการให้เหตุผลซึ่งเป็นสิ่งสำคัญขององค์ความรู้ เพราะ

แผนภาพการเปรียบเทียบเป็นการแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ในสิ่งที่เป็นนามธรรมขั้นพื้นฐานของกระบวนการเรียนรู้

Türk, Ayas, and Karslı (2010) ทำวิจัยเรื่องผลของการใช้เทคนิคแนวเทียบต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติการทดลองในวิชาเคมีทั่วไปของนักเรียน ในประเทศตุรกี กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนปริญญาตรีปีที่ 1 จำนวน 116 คน กลุ่มทดลองคือนักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคแนวเทียบในการปฏิบัติการทดลอง กลุ่มควบคุมคือนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปฏิบัติการทดลองทั่วไป ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคแนวเทียบมีผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีทั่วไป

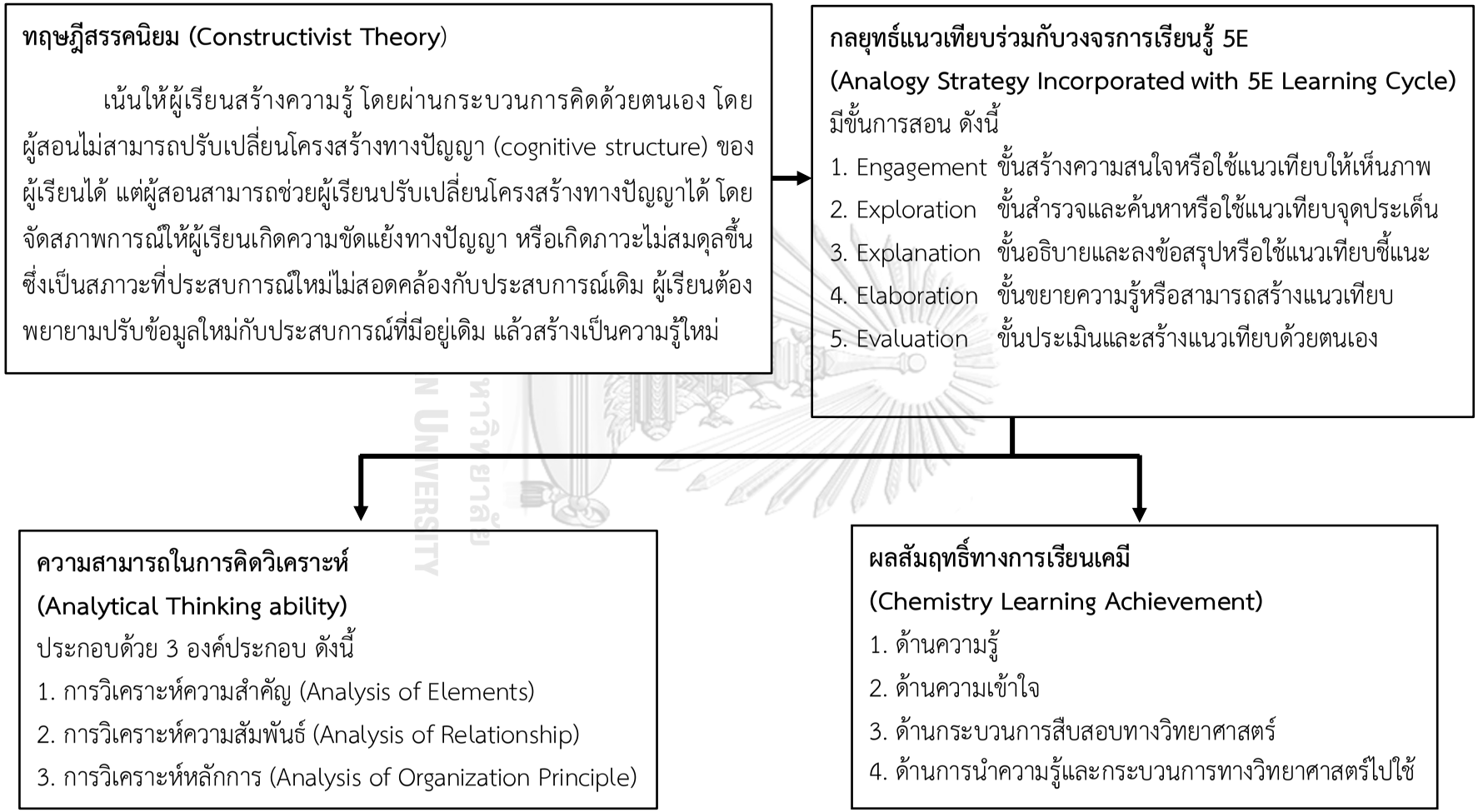
Licato (2015) ทำวิจัยเรื่องการสร้างองค์ความรู้ด้วยแนวเทียบ: การให้เหตุผลจากการใช้แนวเทียบและโครงสร้างทางปัญญา ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดประสงค์ในการพัฒนาทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยแนวเทียบ ผลการวิจัยพบว่าทฤษฎีนี้สามารถที่จะแสดงให้เห็นมโนทัศน์ได้อย่างชัดเจน ลดการอภิปราย เพราะรากฐานการสร้างองค์ความรู้เป็นการพัฒนาจากประสบการณ์ในชีวิตจริง

Richland and Simms (2015) ทำวิจัยเรื่องการศึกษาแนวเทียบและการคิดขั้นสูง เป็นการวิจัยวิเคราะห์เอกสารทบทวนวรรณกรรมของแนวเทียบกับทักษะการคิดขั้นสูง โดยมีจุดประสงค์คือศึกษาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของแนวเทียบในการพัฒนาความคิดขั้นสูง ในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และประวัติศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าแนวเทียบมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ มโนทัศน์ และความเข้าใจ เพราะแนวเทียบเป็นสิ่งที่แสดงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระบบได้อย่างยืดหยุ่น และแนวเทียบยังสนับสนุนการสังเกตความสัมพันธ์ของการคิด เพราะเป็นกระบวนการการจัดการความสัมพันธ์ในแง่ความเหมือนและความต่างทั้งระบบ

จากงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า การศึกษาการใช้แนวเทียบสามารถที่จะพัฒนา การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความคิด ผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติการทดลองในวิชาเคมี การสร้างองค์ความรู้ด้วยแนวเทียบ และการคิดขั้นสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เป็นรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มวัดสองครั้ง (Two Group Pretest-Posttest Design) ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนทดลองและหลังการทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รูปแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศกับการวิจัย ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1.2 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ วงจรการเรียนรู้ 5E และกลยุทธ์แนวเทียบ

1.3 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

1.4 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์

1.5 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างเครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มวัดสองครั้ง (Two Group Pretest-Posttest Design) ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนทดลองและหลังการทดลอง ดังแผนภาพข้างล่าง

กลุ่มทดลอง	O_1	X	O_2
กลุ่มควบคุม	O_1	~X	O_2

CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มวัดสองครั้ง
(Two Group Pretest-Posttest Design)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

~X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่พิเศษ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร

การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนด้วยวิธีแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ เป็นแหล่งประชากรในการวิจัย โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน มีดังนี้

1) โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีทั้งมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย

2) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมากเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล

3) มีห้องเรียนวิทยาศาสตร์

4) โรงเรียนให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเลือกห้องเรียน

การเลือกห้องเรียนมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยขออนุญาตโรงเรียนในการขอทำวิจัยกับนักเรียน ในห้องเรียน 2 ห้องที่มีบริบทความสามารถไม่แตกต่างกัน โรงเรียนได้อนุญาต ให้ทำการวิจัยกับนักเรียน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง ม.6/5 และ ม.6/6 ซึ่งเป็นแผนการเรียนวิทย์คณิตทั้งคู่ และนักเรียนทั้งสองห้องมีพื้นฐานความสามารถในการเรียนเคมีใกล้เคียงกัน

2. ผู้วิจัยทำการทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนกับนักเรียนทั้งสองห้องด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากนั้นใช้การจับสลากแบ่งเป็นห้องทดลองและห้องควบคุม ผลการจับสลากพบว่า ห้องทดลองได้แก่ ม.6/5 และห้องควบคุมได้แก่ ม.6/6

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ประเภท ได้แก่

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

1.1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

1.2) แผนการจัดการเรียนรู้วงจรการเรียนรู้ 5E

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

2.2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน

รายละเอียดของขั้นตอนการสร้าง ตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E เรื่อง เคมีอินทรีย์ มี 2 แบบ ได้แก่ 1.1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สำหรับกลุ่มทดลอง และ 1.2) แผนการจัดการเรียนรู้วงจรการเรียนรู้ 5E สำหรับกลุ่มควบคุม โดยมีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพทั้งสองแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ตาม (Orgill & Thomas, 2007) ที่มีการเตรียมแนวเทียบของครู

ก่อนขั้นการสอนและมีการประเมินการใช้แนวเทียบของครูในขั้นหลังการสอนตามแนวคิดของ (Treagust, 1993) และศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ตาม (Bybee et al., 2006) ซึ่งทั้งสองวิธีการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอน 5E เช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกันในรายละเอียดของการแทรกกลยุทธ์แนวเทียบลงไปในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5E

การจัดการเรียนรู้ด้วย กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E Orgill and Thomas (2007)	**การจัดการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5E Bybee et al. (2006)**
ขั้นมุ่งเน้น (Focus) : ขั้นก่อนจัดการเรียนรู้ เป็นการดำเนินการก่อนจัดกิจกรรมในชั้นเรียนของครู	
ขั้นปฏิบัติ (Action) : ขั้นจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรมและเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน<u>หรือสามารถใช้แนวเทียบให้เห็นภาพง่ายขึ้น</u>	**1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรม และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล <u>หรือสามารถใช้แนวเทียบในการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายมากยิ่งขึ้น</u>	**2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)** การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล

การจัดการเรียนรู้ด้วย กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E Orgill and Thomas (2007)	การจัดการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5E Bybee et al. (2006)
3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา หรือผู้สอนสามารถใช้แนวเทียบในการชี้แนะและอธิบายรายละเอียดให้มองเห็นภาพง่ายขึ้น	**3. ขั้นการอธิบาย (Explanation)** นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา
4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสร้างแนวเทียบ	**4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration)** การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่
5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง และให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip	**5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation)** การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง
ขั้นสะท้อน (Reflection) : ขั้นหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการดำเนินการหลังจัดกิจกรรรมในชั้นเรียนของครู	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) วิเคราะห์บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ตามขั้นตอนของ (Orgill & Thomas, 2007) และใช้ลักษณะการเตรียมแนวเทียบก่อนขั้นการสอนและประเมินการใช้แนวเทียบหลังการสอนตาม (Treagust, 1993)

เพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ของวิธีการสอน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E (Orgill & Thomas, 2007)

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นมุ่งเน้น (Focus) : ขั้นก่อนจัดการเรียนรู้		
เป็นการดำเนินการก่อนจัดกิจกรรมในชั้นเรียนของครู	ครูวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง มโนทัศน์เป้าหมายทางวิทยาศาสตร์ที่จะสอนและแนวเทียบที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้	-
ขั้นปฏิบัติ (Action) : ขั้นจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน		
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในกิจกรรม และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน <u>หรือสามารถใช้แนวเทียบให้เห็นภาพง่ายขึ้น</u>	1. สร้างความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนคิด 2. ดึงเอาความรู้เดิมของนักเรียนออกมา 3. สังเกตสิ่งที่นักเรียนเข้าใจยังไม่สมบูรณ์	1. แสดงความสนใจ 2. ถามคำถาม เช่น ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) การทำกิจกรรมสำรวจสิ่งที่ต้องการค้นหาเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล <u>หรือสามารถใช้แนวเทียบในการจุดประเด็นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายมากยิ่งขึ้น</u>	1. ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ 2. สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียน 3. ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน 4. ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง 3. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า 4. สรุปสิ่งที่ได้จากการค้นคว้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา หรือผู้สอนสามารถใช้แนวเทียบในการชี้แนะและอธิบายรายละเอียดให้มองเห็นภาพง่ายขึ้น	1. ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดด้วยคำพูดของนักเรียนเอง 2. ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลในการอธิบาย 3. ให้นักเรียนใช้ความรู้เดิมเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด 4. ครูคอยชี้แนะและอธิบายเพิ่มเติม	1. พยายามอธิบายสิ่งที่ได้จากการค้นคว้า 2. ฟังคำอธิบายผู้อื่นอย่างคิดวิเคราะห์ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นได้อธิบาย 4. ฟังและทำความเข้าใจกับสิ่งที่ครูอธิบาย
4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) การเพิ่มเติมความรู้และประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่หรือสร้างแนวเทียบ	1. ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่	1. ใช้ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าและสิ่งที่ครูอธิบายนำไปแก้ปัญหา ตัดสินใจในสถานการณ์ใหม่
5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนโดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง และให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip	1. สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดไปประยุกต์ใช้ 2. หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม 3. ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร จะอธิบายอย่างไร 4. ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้	1. ตอบคำถามโดยใช้การสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด 3. ประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง 4. นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบลงใน Exit slip

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นสะท้อน (Reflection) : ขั้นหลังการจัดการเรียนรู้		
เป็นการดำเนินการหลังจัดกิจกรรมในชั้นเรียนของครู	ครูประเมินผลการใช้แนวเทียบของครูจากข้อเสนอแนะของนักเรียน และขยายความรู้เกี่ยวกับการใช้แนวเทียบที่จำเป็น เพื่อปรับปรุงการใช้แนวเทียบในครั้งถัดไป	-

(3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เสนอจุดมุ่งหมายของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบในการสอน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเห็นภาพจากมโนทัศน์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจหรือมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งได้แก่วิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี

(4) ศึกษาลักษณะเนื้อหาของวิชาเคมีแต่ละเรื่อง วิเคราะห์เนื้อหามโนทัศน์ที่มีความเป็นนามธรรม ซับซ้อน เข้าใจได้ยาก เพื่อเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมที่จะนำกลยุทธ์แนวเทียบมาช่วยเสริมความเข้าใจมโนทัศน์

(5) ผู้วิจัยสร้างตัวอย่างแนวเทียบในชีวิตประจำวันที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ในแต่ละเรื่องของวิชาเคมี เช่น กรดเบส พันธะเคมี เคมีอินทรีย์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา คณะครุศาสตร์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คณะวิทยาศาสตร์ เพื่อขอคำแนะนำในการวิเคราะห์ว่าแนวเทียบที่นำมาใช้เหมาะสมหรือไม่ เหมาะสำหรับวิชาเคมีเรื่องใด เป็นแนวเทียบทั่วไปที่นักเรียนรู้จักหรือไม่ และคำนึงว่าจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ง่ายขึ้นกว่าเดิมหรือไม่ จากนั้นกำหนดเนื้อหาที่เหมาะสม ได้แก่ เคมีอินทรีย์ จากนั้นกำหนดมโนทัศน์ในแต่ละหัวข้อย่อยในเคมีอินทรีย์ รวมถึงสร้างตัวอย่างแนวเทียบสำหรับแต่ละมโนทัศน์ แสดงดังตารางที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 กำหนดมโนทัศน์และสร้างแนวเทียบที่สอดคล้องกันในเรื่องเคมีอินทรีย์

เนื้อหา	มโนทัศน์หลัก (Concept)	กลยุทธ์แนวเทียบ	
		มโนทัศน์เป้าหมาย (Target)	แนวเทียบ (Analog)
1. เคมีอินทรีย์และสารอินทรีย์	เคมีอินทรีย์เป็นสาขาวิชาหนึ่งของวิชาเคมี	การจัดแขนงประเภทสาขาวิชาเคมี	การจัดหมวดหมู่สิ่งของในซูเปอร์มาร์เก็ต
2. สูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้าง	1. สูตรโมเลกุลแสดงจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบ	1.แสดงจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบของสูตรโมเลกุล	1. แสดงจำนวนชิ้นส่วนของตัวต่อแต่ละแบบ
	2. สูตรโครงสร้างแสดงตำแหน่งธาตุองค์ประกอบ	2.แสดงตำแหน่งธาตุองค์ประกอบของสูตรโครงสร้าง	2.แสดงตำแหน่งการต่อชิ้นส่วน
3. หมู่ฟังก์ชัน	สารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมีสมบัติเฉพาะ	สมบัติพิเศษของหมู่ฟังก์ชัน	สมบัติพิเศษของมนุษย์กลายพันธุ์ในภาพยนตร์ X-Men
4. ไอโซเมอริซึม	สูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างแตกต่างกัน สมบัติทางเคมีและกายภาพจึงแตกต่างกัน	การสลับตำแหน่งของอะตอมธาตุในโมเลกุลกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติของสาร	การสลับตัวอักษรในเกม Crossword กับการเปลี่ยนความหมายของคำ
5. การเรียกชื่อสารอินทรีย์	ระบบการเรียกชื่อ IUPAC โดยมีเกณฑ์การเรียกชื่อตามระบบสากล	ระบบการเรียกชื่อ IUPAC เรียงลำดับจากส่วนย่อยไปส่วนใหญ่ (จากตำแหน่งกิ่งไปจนถึงคำลงท้ายชื่อสารประกอบ)	ระบบเขียนที่อยู่ไปรษณีย์ เรียงลำดับจากส่วนย่อยไปส่วนใหญ่ (จากบ้านเลขที่ซอยไปจนถึงจังหวัด)
6. สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของแอลไคน์ > แอลคีน > แอลเคน	1. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1. ความว่องไวในการกินอาหารของคนกินจุ
	2. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ แอลไคน์เกิดเขม่า > แอลคีน > แอลเคนไม่เกิดเขม่า	2. ความสามารถในการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	2. ความสามารถในการเผาผลาญอาหารของคนกินจุ

เนื้อหา	มโนทัศน์หลัก (Concept)	กลยุทธ์แนวเทียบ	
		มโนทัศน์เป้าหมาย (Target)	แนวเทียบ (Analog)
7. สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน	หมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่างกัน พลังงานในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดจุดเดือดที่แตกต่างกัน	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	สายสัมพันธ์ระหว่างครอบครัว

(6) นำแนวเทียบที่วิเคราะห์ประกอบกับมโนทัศน์แล้วมาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาวของกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E โดยกำหนดเนื้อหา วัตถุประสงค์ของการเรียน สาระการเรียนรู้ จำนวนคาบเรียน ได้เป็นจำนวน 7 แผน ใช้เวลาสอนทั้งหมด 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวม 21 คาบ

(7) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาวของวงจรการเรียนรู้ 5E ให้มีจำนวนแผนมโนทัศน์ และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้เท่ากันกับแผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาวของกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 แผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาว

คาบที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้		
		กลยุทธ์แนวเทียบ		5E
		แนวเทียบ (Analog)	มโนทัศน์เป้าหมาย (Target)	
1	1. เคมีอินทรีย์และสารอินทรีย์	การจัดหมวดหมู่สิ่งของในซูเปอร์มาร์เก็ต	การจัดแขนงประเภทสาขาวิชาเคมี	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “เคมีอินทรีย์และสารอินทรีย์”
2-5	2. สูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้าง	1. แสดงจำนวนชิ้นส่วนของตัวต่อแต่ละแบบ 2.แสดงตำแหน่งการต่อชิ้นส่วน	1.แสดงจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบของสูตรโมเลกุล 2.แสดงตำแหน่งธาตุองค์ประกอบของสูตรโครงสร้าง	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “ความแตกต่างของสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างแต่ละชนิด”
6-7	3. หมู่ฟังก์ชัน	สมบัติพิเศษของมนุษย์กลายพันธุ์ในภาพยนตร์ X-Men	สมบัติพิเศษของหมู่ฟังก์ชัน	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “หมู่ฟังก์ชันชนิดต่าง ๆ มีจุดเด่นของอะตอมในโมเลกุลแตกต่างกันอย่างไร”
8-11	4. ไอโซเมอริซึม	การสลับตัวอักษรในเกม Crossword กับการเปลี่ยนความหมายของคำ	การสลับตำแหน่งของอะตอมธาตุในโมเลกุล กับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติของสาร	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “ไอโซเมอริซึม คือ ปรากฏการณ์ที่สูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างต่างกัน”
12-15	5. การเรียกชื่อสารอินทรีย์	ระบบเขียนที่อยู่ไปรษณีย์ เรียงลำดับจากส่วนย่อยไปส่วนใหญ่ (จากบ้านเลขที่ ซอย ไปจนถึงจังหวัด)	ระบบการเรียกชื่อ IUPAC เรียงลำดับจากส่วนย่อยไปส่วนใหญ่ (จากตำแหน่งกิ่ง ไปจนถึงคำลงท้ายชื่อสารประกอบ)	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “การเรียกชื่อสารอินทรีย์ตามระบบ IUPAC”

คาบที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้		
		กลยุทธ์แนวเทียบ		5E
		แนวเทียบ (Analog)	มโนทัศน์เป้าหมาย (Target)	
16-18	6. สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1. ความว่องไวในการกินอาหารของคนกินจุ 2. ความสามารถในการเผาผลาญอาหารของคนกินจุ	1. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 2. ความสามารถในการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่แตกต่างกัน”
19-21	7. สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน	สายสัมพันธ์ระหว่างครอบครัว	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	การบรรยายอภิปรายเกี่ยวกับ “สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน”

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(8) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ตามขั้นตอนของ (Orgill & Thomas, 2007) สำหรับกลุ่มทดลอง และดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ตามขั้นตอนของ (Bybee et al., 2006) สำหรับกลุ่มควบคุม

(9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบกลยุทธ์แนวเทียบวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์

(10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคณะวิทยาศาสตร์ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ภาคการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์คณะครุศาสตร์ และครูประจำวิชาเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก) ตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะได้ “+1” ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะได้ “-1” และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่จะได้ “0” จากนั้นนำค่าการพิจารณามาหาความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ในเรื่องความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาสาระที่สอน ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(11) นำผลจากการตรวจมาพิจารณาให้คะแนนความสอดคล้องของกิจกรรมแต่ละขั้นที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ในเรื่องเคมีอินทรีย์ พบว่าคะแนนความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แผน ของทั้งสองแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ที่ 0.67 – 1.00 ซึ่งมีความสอดคล้องในเกณฑ์ที่เหมาะสม และผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ให้คำแนะนำในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น และผู้วิจัยได้ปรับปรุง แก้ไข แต่ละประเด็นดังนี้

(11.1) ความเหมาะสมของแนวเทียบ

1) ผู้วิจัยนำแนวเทียบที่สร้างเสร็จแล้วไปปรึกษาครูประจำวิชาเคมีและนักเรียน ในโรงเรียนที่จะทดลองใช้เครื่องมือกับนักเรียนที่เคยเรียนเคมีอินทรีย์มาแล้ว พบว่านักเรียนรู้จักทุกแนวเทียบที่ยกตัวอย่าง

2) ผู้วิจัยได้เพิ่มการแนะด้วยแนวเทียบมาจุดประเด็นในขั้นสำรวจและค้นหา รวมถึงขั้นการอธิบาย เพื่อกระตุ้นการค้นหามโนทัศน์ให้ตรงเป้าหมายมากยิ่งขึ้น

(11.2) การปรับเพิ่มเติมบทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้

1) ผู้วิจัยปรับการเล่าบริบทของแนวเทียบเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียน เป็นการใช้คำถามถามนักเรียนเกี่ยวกับแนวเทียบแทน เพื่อเป็นการทดสอบด้วยว่านักเรียนรู้จักแนวเทียบที่ยกตัวอย่าง และนักเรียนสามารถที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์และหลักการของแนวเทียบด้วยตนเอง

(11.3) การใช้ภาษา

1) ผู้วิจัยปรับภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมและเป็นทางการมากยิ่งขึ้น

2) ปรับภาษาที่ใช้ในการอธิบายมโนทัศน์ให้เป็นไปตามนิยามที่ระบุในหนังสือ สสวท.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(11.4) ความตรงตามวัตถุประสงค์

1) ผู้วิจัยปรับวัตถุประสงค์การคิดวิเคราะห์จากทักษะกระบวนการมาอยู่ในด้านความรู้

2) ปรับขั้นขยายความรู้จากเดิมที่มีแต่ทำแบบฝึกหัด เปลี่ยนเป็นเพิ่มกิจกรรมให้นักเรียนได้ใช้ทั้งความรู้ในมโนทัศน์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยให้นักเรียนวิเคราะห์เหตุการณ์ในชีวิตประจำวันและนำความรู้จากมโนทัศน์มาเชื่อมโยงในการให้เหตุผล

3) ปรับขั้นประเมินที่นอกเหนือจากการให้เขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบและสร้างแนวเทียบรายบุคคลด้วยการเขียน Exit slip แล้ว ยังมีกิจกรรมทดสอบเพิ่มเติม เช่น

กาดทดสอบ การตอบคำถาม การเขียนแผนผังมโนทัศน์ การเล่นเกม Kahoot และการทำกิจกรรมต่อโครงสร้างไอโซเมอร์จากโพสอิท

(12) ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ยกเว้น ข้อเสนอแนะด้านการจัดการเวลา เนื่องจากจะนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดลองและพิจารณาความเหมาะสมอีกครั้ง

(13) นำแผนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และวงจรการเรียนรู้ 5E ฉบับปรับปรุงแล้วเสร็จ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 ที่ไม่เคยเรียนเรื่องเคมีอินทรีย์และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 7 แผน ของทั้งสองวิธีการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจ ประเด็นที่ควรแก้ไข ประเด็นที่ได้จากการสะท้อนของนักเรียน และได้ปรับจากการนำไปทดลองใช้ ดังนี้

(13.1) ห้องทดลองพบว่ามีการกำหนดระยะเวลาในการสอนได้อย่างเหมาะสม นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์และทำกิจกรรมได้ตรงตามเวลา เนื่องจากการสอนที่ใช้กลยุทธ์แนวเทียบจะคำนึงถึงมโนทัศน์ที่สำคัญในแต่ละเรื่องของเคมีอินทรีย์ เรื่องไหนที่มีมโนทัศน์คล้ายคลึงกันสามารถสอนต่อเนื่องกันได้

(13.2) ห้องควบคุมพบว่ามีการกำหนดระยะเวลาในการสอนได้อย่างเหมาะสม นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์และทำกิจกรรมได้ตรงตามเวลาเช่นกัน เนื่องจากมีการปรับลำดับเนื้อหามโนทัศน์ที่คล้ายคลึงกับห้องทดลอง จึงใช้ระยะเวลาประมาณกัน ถึงแม้จะไม่มีกลยุทธ์แนวเทียบแต่นักเรียนจะต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจมโนทัศน์เพราะไม่มีกลยุทธ์อื่นมาช่วยให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นนอกจากการใช้คำถามแนะนำของครู

(13.2) สภาพแวดล้อมในการจัดการเรียนรู้ของห้องกลุ่มทดลองมีสภาพบรรยากาศครึกครื้นและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม อาจเป็นเพราะมีเรื่องราวที่คุ้นเคยจากแนวเทียบในชีวิตประจำวันเป็นตัวช่วยในการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนนอกจากศัพท์เฉพาะทางในเคมี นักเรียนอาจมีการนอกเรื่องไปไกลเกี่ยวกับแนวเทียบบ้าง แต่นั่นเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้บรรยากาศการเรียนรู้ไม่เคร่งจนเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(13.3) แผนการจัดการเรียนรู้ของห้องทดลอง พบว่าในขั้นประเมินให้นักเรียนทำแบบสะท้อนการใช้กลยุทธ์แนวเทียบในแผ่นกระดาษ Exit slip (ตัวอย่าง Exit slip แสดงในภาคผนวก) นักเรียนไม่สามารถยกตัวอย่างแนวเทียบได้หลากหลายและเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบของครูสั้น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีข้อจำกัดของเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับให้นักเรียนทำ Exit slip เป็นการบ้านและส่งก่อนเรียนคาบถัดไป อีกทั้งปรับจากการเขียนใส่แผ่นกระดาษเล็ก ๆ เป็นการพิมพ์ตอบใน google form แทน เพื่อที่นักเรียนสามารถทำได้ทันทีเมื่อนักเรียนคิดสร้างแนวเทียบได้ อีกทั้งยังลดการใช้ทรัพยากรอีกด้วย

(13.4) จากการสร้างแนวเทียบด้วยตนเองของนักเรียนระหว่างการทดลองใช้ ถึงแม้จะมีปัญหาพบแนวเทียบซ้ำกันจำนวนเยอะอย่างที่กล่าวข้างต้น แต่ก็มีนักเรียนสร้างแนวเทียบที่แตกต่าง สร้างสรรค์ น่าสนใจ และสอดคล้องตามเนื้อหามโนทัศน์เคมีอินทรีย์ ผู้วิจัยสามารถนำตัวอย่างแนวเทียบที่นักเรียนสร้างเก็บมาเป็นตัวอย่างแนวเทียบสำรอง เมื่อนำไปใช้จริงผู้วิจัยจะได้มีตัวอย่างแนวเทียบที่หลากหลายในการเชื่อมโยง หรืออาจนำมาใช้เป็นแนวเทียบหลักได้ ถ้ากลุ่มทดลองจริงไม่รู้จักหรือสับสนแนวเทียบที่ผู้วิจัยยกตัวอย่าง

(13.5) ห้องควบคุมได้มีการเพิ่มให้นักเรียนทำแบบสะท้อนคิด Exit slip แต่ไม่มีข้อการสร้างแนวเทียบด้วยตนเอง จะมีเพียงให้นักเรียนอธิบายความเข้าใจในมโนทัศน์ที่เรียนและข้อเสนอแนะที่อยากให้ผู้วิจัยปรับปรุงในคาบต่อ ๆ ไป เพื่อให้มีนักเรียนมีการสะท้อนความเข้าใจมโนทัศน์ของตนเอง อีกทั้งยังสะท้อนการสอนของครูโดยที่ไม่มีแนวเทียบด้วย

จากนั้นนำสิ่งที่ได้จากการทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์ เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้คือ มี 2 แบบ ได้แก่ 2.1) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และ 2.2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยมีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพทั้งสอง ดังนี้

2.1) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงเปรียบหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อที่จะระบุนิยามเชิงปฏิบัติการและตัวบ่งชี้พฤติกรรมของแต่ละองค์ประกอบในเชิงรูปธรรม แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมบ่งชี้
1.วิเคราะห์องค์ประกอบ	ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ เพื่อชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญของเรื่องราว	- สามารถจำแนกแยกแยะ ชนิด ประเภท ของข้อมูล - สามารถจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในข้อมูล - สามารถอธิบายจุดประสงค์ของข้อมูล
2.วิเคราะห์ความสัมพันธ์	ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวนั้น ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล	- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในเนื้อหา - สามารถจำแนกแยกแยะความสัมพันธ์ของเหตุและผล - สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อจำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมบ่งชี้
3.วิเคราะห์หลักการ	ความสามารถในการค้นหาว่าภายในเรื่องราวต่าง ๆ รวมกันอยู่ได้เพราะยึดหลัก กฎ ทฤษฎี อะไรเป็นสำคัญ	- สามารถวิเคราะห์หลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ - สามารถอธิบายหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

(2) ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีรูปแบบการวัดแบบใดบ้าง เช่น ปรนัย อัตนัย สัมภาษณ์ สร้างกิจกรรม เป็นต้น และความสามารถในการคิดวิเคราะห์เหมาะที่จะมีลักษณะแบบวัดเป็นแบบอิงเนื้อหาหรือไม่อิงเนื้อหา รวมถึงศึกษาเกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ต่อไป

(3) กำหนดจุดมุ่งหมายของการทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ชัดเจนว่า เป็นแบบวัดแบบปรนัย ในรูปแบบอ่านบทความ สถานการณ์ หรือบทสนทนา แล้วนำข้อมูลในบริบทนั้นมาวิเคราะห์และเลือกตอบ โดยไม่อิงเนื้อหา

(4) การวัดประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบอิงเกณฑ์ตาม (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน), 2557) ดังแสดงในตารางที่ 11 ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความสามารถของนักเรียนว่ามีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในระดับใดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลการวัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ และเพื่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนตลอดจนนำผลการวัดไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละตามเกณฑ์ของ สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (2557)

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ร้อยละ 90 ขึ้นไป	ดีมาก
ระหว่างร้อยละ 75 – 89	ดี
ระหว่างร้อยละ 50 – 74	พอใช้
ต่ำกว่าร้อยละ 50	ปรับปรุง

(5) เลือกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่อยู่ในบริบทเคมีอินทรีย์ วิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นต้องนำเสนอในแต่ละสถานการณ์ ปรับบริบทให้หลากหลาย เช่น บทความ สถานการณ์ บทสนทนา เป็นต้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์การรับสารและวิเคราะห์สารที่ได้รับในชีวิตประวันทั่วไป

(6) กำหนดเค้าโครงแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ในแต่ละสถานการณ์ให้ครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ ดังตารางที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 แผนผังเค้าโครงการออกแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

สถานการณ์		องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์			จำนวนข้อ
ก่อนเรียน	หลังเรียน	วิเคราะห์องค์ประกอบ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์หลักการ	
1. สารประกอบอินทรีย์ที่เก็บกลิ่นของวาซาบิ	1. วิทย์ของวาซาบิ	1	1	1	3
2. ความสุขจากช็อคโกแลต	2. กัญชาน่ารู้	1	1	1	3

สถานการณ์		องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์			จำนวนข้อ
ก่อนเรียน	หลังเรียน	วิเคราะห์องค์ประกอบ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์หลักการ	
3. สารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายในครีมผิวขาว	3. วิทยาศาสตร์ของครีมกันแดด	1	1	1	3
4. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเคมีของกาแฟ	4. กลิ่นของกาแฟ	1	1	1	3
5. ประโยชน์จากสารอินทรีย์ของผักชีที่มีดีกว่าแค่โรยหน้า	5. กลิ่นของกระเทียม	1	1	1	3
จำนวนข้อ		**5**	**5**	**5**	**15**

(7) ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามแผนเค้าโครงข้างต้น เป็นแบบสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีสถานการณ์มาให้ และแต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถามครอบคลุมองค์ประกอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยไม่อิงเนื้อหา เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบเลือกตอบคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งข้อได้ 0 คะแนน จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบพิจารณาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(8) นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้แก้ไขแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ภาคการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์คณะครุศาสตร์ และครูประจำวิชาเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะได้ “+1” ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะได้ “-1” และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่จะได้ “0” จากนั้นนำค่าการ

พิจารณามาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence: IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือได้ว่าวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า IOC ต่ำสุด - สูงสุด คือ 0.67 – 1.00 (แสดงดังค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อในภาคผนวก)

ถึงแม้ว่าค่าดัชนีความสอดคล้องจะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม แต่ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

(8.1) ปรับภาษาการใช้คำถามให้ตรงตามแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ชัดเจนขึ้น

ประเด็นนี้ผู้วิจัยได้ปรับภาษาให้ชัดเจนและคำนึงถึงสอดคล้องกับองค์ประกอบมากขึ้น

(8.2) ปรับตัวเลือกทั้งตัวเลือกคำตอบและตัวเลือกที่ไม่ใช่คำตอบให้มีการวิเคราะห์มากขึ้น เพราะมักพบในรูปแบบสามารถอ่านจากบทความแล้วตอบได้เลย จะทำให้นักเรียนไม่ได้ใช้การวิเคราะห์ แต่เป็นอ่านจับใจความแทน

ประเด็นนี้ผู้วิจัยปรับโดยสร้างตัวเลือกใหม่ที่ไม่สามารถอ่านจากบทความแล้วตอบเลยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(8.3) ปรับข้อคำถามและตัวเลือกของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนให้ภาษา ความหมาย และจุดประสงค์ในแต่ละสถานการณ์ให้คล้ายคลึงกับก่อนเรียนมากขึ้น จะได้ลดปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความสอดคล้องของแบบวัดคู่ขนาน

ประเด็นนี้ผู้วิจัยปรับแก้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนให้ใกล้เคียงและตรงจุดประสงค์กับแบบวัดก่อนเรียนมากขึ้น

(9) นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

(10) นำผลการทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มาวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด พบว่ามีค่าต่ำสุด - สูงสุด ดังนี้

(10.1) ค่าความยาก (p) ฉบับก่อนเรียน 0.35 – 0.80 ฉบับหลังเรียน 0.20 – 0.70 ซึ่งทั้งสองฉบับมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.80 ที่เป็นช่วงค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย แต่ไม่ได้ยากเกินไปและไม่ได้ง่ายเกินไป จึงนำไปใช้วัดได้ (ค่าความยากรายข้อแสดงในภาคผนวก)

(10.2) ค่าอำนาจจำแนก (r) ฉบับก่อนเรียน 0.40 – 0.90 ฉบับหลังเรียน 0.20 – 1.00 ซึ่งทั้งสองฉบับมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือมีค่า 0.20 ขึ้นไป และยิ่งมีค่ามากกว่า 0.40 คือจำแนกได้ดีมาก (ค่าอำนาจจำแนกรายข้อแสดงในภาคผนวก)

(10.3) ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน Kuder-Richardson (KR21) ฉบับก่อนเรียน 0.64 ฉบับหลังเรียน 0.67 ซึ่งทั้งสองฉบับถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 0.60 ขึ้นไป

(10.4) ค่าความเที่ยงแบบคู่ขนานระหว่างฉบับก่อนและหลังเรียนได้ 0.92 ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับสูง หมายความว่าแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ถึงแม้จะเป็นข้อสอบคนละชุดและมีข้อคำถามแตกต่างกันทั้งฉบับ แต่ทั้งสองฉบับนี้มีการวัดเนื้อหาแบบเดียวกัน ใช้รูปแบบการวัดวิธีเดียวกัน มีคุณภาพค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(11) นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ จากหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์เนื้อหา

(2) ศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ระดับพฤติกรรม นิยาม หรือตัวบ่งชี้ตาม (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525) แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 4 ด้าน ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 องค์ประกอบ นิยาม ตัวบ่งชี้ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2525)

องค์ประกอบ	นิยาม	พฤติกรรมบ่งชี้
1) ความรู้	เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการรำลึกถึงข้อมูลที่ได้รับมา	-แสดงออกถึงความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง, ศัพท์ทางวิทยาศาสตร์, มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, ข้อตกลงของชุมชนวิทยาศาสตร์, ลำดับขั้นและแนวโน้มของปรากฏการณ์, การจัดจำพวก ประเภท และเกณฑ์ต่าง ๆ, เทคนิคและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, กฎ หลักการทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎี
2) ความเข้าใจ	เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถเข้าใจเรื่องราวและแสดงออกซึ่งความเข้าใจออกมาในรูปแบบต่าง ๆ	-แสดงออกถึงการระบุถึงข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการหรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าสิ่งเหล่านั้นจะอยู่ในรูปแบบใหม่ที่ต่างไปจากรูปแบบเดิม -แสดงออกถึงการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ หรือทฤษฎี ที่อยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปแบบของสัญลักษณ์อื่น

องค์ประกอบ	นิยาม	พฤติกรรมบ่งชี้
3) กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	เป็นพฤติกรรมของนักเรียนวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงการมีส่วนร่วมในกระบวนการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง	-แสดงออกถึงการสังเกตและการวัด, การระบุปัญหาและหาทางที่จะแก้ปัญหา, การแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป, การสร้างทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี
4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยา-ศาสตร์ไปใช้	ใช้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่ยังไม่ทราบคำตอบมาก่อนโดยนำเอาความรู้และ กระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่สั่งสมไว้ออกมา	-แสดงออกถึงการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน -แสดงออกถึงการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น -แสดงออกถึงการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(3) ศึกษาเกณฑ์การประเมินเพื่อวัดผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตามกระทรวงศึกษาธิการ (2551ข) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เกณฑ์การประเมินเพื่อวัดผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตาม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข)

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
ร้อยละ 80 - 100	ดีเยี่ยม
ร้อยละ 70 - 79	ดี
ร้อยละ 60 - 69	พอใช้
ร้อยละ 50 - 59	ผ่าน
ร้อยละ 0 - 49	ไม่ผ่าน

(4) กำหนดเค้าโครงการออกแบบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยวิเคราะห์จากแบบทดสอบต้องครอบคลุมผลการเรียนรู้และสอดคล้องกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สัดส่วนจำนวนข้อสอบตามองค์ประกอบชองผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเรื่องเคมีอินทรีย์

ผลการเรียนรู้	องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี				จำนวนข้อ	ร้อยละ
	ความรู้	ความเข้าใจ	กระบวนการ	การนำไปใช้		
1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับอนินทรีย์ได้	1 (ข้อ 1)		1 (ข้อ 2)		2	6.67
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์จำนวนมาก		1 (ข้อ 3)			2	6.67
3. เขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้	1 (ข้อ 8)	1 (ข้อ 9)	1 (ข้อ 11)	1 (ข้อ 10)	4	13.33
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้		1 (ข้อ 12)	1 (ข้อ 13)	1 (ข้อ 14)	3	10.00

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้	องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี				จำนวนข้อ	ร้อยละ
	ความรู้	ความเข้าใจ	กระบวนการ	การนำไปใช้		
5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์	1 (ข้อ 4)	1 (ข้อ 5)			2	6.67
6. บอกประเภทของสารประกอบโดยใช้พันธะ สมบัติ ปฏิกิริยาบางประการ	1 (ข้อ 25)	1 (ข้อ 6)	2 (ข้อ 18, 20)	1 (ข้อ 19)	5	16.67
7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสกับทรานส์ไอโซเมอร์		1 (ข้อ 15)		1 (ข้อ 16)	2	6.67
8. เรียกชื่อสารประกอบประเภทต่าง ๆ ได้				1 (ข้อ 17)	1	3.33
9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดเดือดกับจำนวนอะตอมของ C			1 (ข้อ 22)		1	3.33
10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน	1 (ข้อ 24)		1 (ข้อ 21)	1 (ข้อ 23)	3	10.00
11. อธิบายสมบัติปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์พร้อมเขียนสมการ	1 (ข้อ 29)	1 (ข้อ 30)	1 (ข้อ 27)	1 (ข้อ 28)	4	13.33
12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้	1 (ข้อ 7)			1 (ข้อ 26)	2	6.67
จำนวนข้อ	**7**	**7**	**8**	**8**	**30**	**100**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ให้สอดคล้องกับองค์ประกอบแต่ละด้านของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและผลการเรียนรู้เรื่องเคมีอินทรีย์

(6) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคณะวิทยาศาสตร์ ตรวจพิจารณาและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์

(7) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ภาคการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์คณะครุศาสตร์ และครูประจำวิชาเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะได้ “+1” ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะได้ “-1” และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่จะได้ “0” จากนั้นนำค่าการพิจารณามาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence: IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือได้ว่าวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า IOC ต่ำสุด - สูงสุด คือ 0.67 – 1.00 (แสดงดังค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อในภาคผนวก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(8) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ที่ปรับปรุงแล้วมาทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเรียนเนื้อหาเคมีอินทรีย์มาแล้ว ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอื่น ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

(9) ตรวจและให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตาม แล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยง (KR21) วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด พบว่ามีค่าต่ำสุด - สูงสุด ดังนี้

(9.1) ค่าความยาก (p) ฉบับหลังเรียน 0.20 – 0.70 ซึ่งมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.70 ที่เป็นช่วงค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย แต่ไม่ได้ยากเกินไปและไม่ได้ง่ายเกินไป จึงนำไปใช้วัดได้ (ค่าความยากรายข้อแสดงในภาคผนวก)

(9.2) ค่าอำนาจจำแนก (r) ฉบับหลังเรียน 0.20 – 0.60 ซึ่งมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือมีค่า 0.20 ขึ้นไป และยิ่งมีค่ามากกว่า 0.40 คือจำแนกได้ดีมาก (ค่าอำนาจจำแนกรายข้อแสดงในภาคผนวก)

(9.3) ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน Kuder-Richardson (KR21) ฉบับหลังเรียน 0.46

(10) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ที่ปรับแก้แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาคณะครุศาสตร์ตรวจสอบอีกครั้ง จึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ตามขั้นตอนดังนี้

5.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยทดสอบก่อนการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การดำเนินการทดลองสอนและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ด้วยรูปแบบการการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จำนวน 7 แผน 21 คาบ ใช้เวลาทั้งหมด 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 55 นาที

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียนของนักเรียน ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ดังนี้

6.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่าสถิติที (*t*-test) ของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้วิจัยเลือกทดสอบค่าสถิติ *t*-test ถึงแม้ว่าในการวิจัยจะเป็นการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากกว่าการกระจายของข้อมูลเป็นการแจกแจงโค้งแบบปกติ และยังมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาขนาดผล (Effect size) เพิ่มเติมเพื่อแสดงขนาดผลจากการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ว่าจะมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมากน้อยเท่าใด รวมถึงศึกษา (Normalized gain) เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

โดยสามารถสรุปเป็นตารางการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูล

สิ่งที่ต้องการวัด	เครื่องมือเชิงปริมาณ	การวิเคราะห์ข้อมูล
1. เปรียบเทียบความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน	แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ **แบบสอบปรนัย** จำนวน 5 สถานการณ์ ทั้งหมด 15 ข้อ	ทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample *t*-test) และศึกษาพัฒนาการจากการศึกษาพัฒนาการ (Normalized gain)
2. เปรียบเทียบความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง	แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ **แบบสอบปรนัย** จำนวน 5 สถานการณ์ ทั้งหมด 15 ข้อ	ทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent sample *t*-test) และศึกษาขนาดผลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามจากขนาดของผล (Effect size)
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง	แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี **แบบสอบปรนัยและอัตนัย** จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ	ทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent sample *t*-test) และศึกษาขนาดผลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามจากขนาดของผล (Effect size)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ผลปรากฏดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับและจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

ก่อนและหลังทดลอง	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*t*-test	p	Normalized gain <g>
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ (n=55)						
ก่อนทดลอง	9.47	1.98	63.13	9.36	*.000**	0.55
หลังทดลอง	12.50	1.39	83.33			
วิเคราะห์องค์ประกอบ						
ก่อนทดลอง	2.89	1.15	57.80	6.19	*.000**	0.63
หลังทดลอง	4.19	0.83	83.80			
วิเคราะห์ความสัมพันธ์						
ก่อนทดลอง	3.28	1.08	65.60	2.61	*.006**	0.30
หลังทดลอง	3.76	0.84	75.20			
วิเคราะห์หลักการ						
ก่อนทดลอง	3.26	0.80	65.20	8.27	*.000**	0.72
หลังทดลอง	4.50	0.65	90.00			

**p<.05 (*Paired Sample t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 1 พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.47 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.98 คะแนน ภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.50 คะแนน และมีส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.39 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองด้วยสถิติทดสอบที พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองมีค่าสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยจากเดิมก่อนการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์คิดเป็นร้อยละ 63.13 ภายหลังการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 83.33

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามองค์ประกอบระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E โดยคะแนนเต็มของความสามารถในการคิดวิเคราะห์รวมทั้งหมด 15 คะแนน แบ่งออกเป็นวิเคราะห์องค์ประกอบเป็น 5 คะแนน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 5 คะแนน และวิเคราะห์หลักการ 5 คะแนน สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบหรือวิเคราะห์ความสำคัญ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีค่าสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยจากเดิมก่อนการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ 57.80 ภายหลังการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 83.80

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์ความสัมพันธ์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีค่าสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยจากเดิมก่อนการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์ความสัมพันธ์คิดเป็นร้อยละ 65.60 ภายหลังการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 75.20

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์หลักการ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีค่าสูง

กว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยจากเดิมก่อนการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการคิดเป็นร้อยละ 65.20 ภายหลังการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 90.00

ไม่เพียงเท่านั้นเมื่อนำข้อมูลคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์มาศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E เปรียบเทียบกับก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งภาพรวมและแต่ละองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ โดยการหาค่าพัฒนาการ (Normalized gain) <g> ของ (Richard R. Hake, 1998) ที่คิดจากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นสูงสุด พบว่าภาพรวมความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีค่า <g> = 0.55 ซึ่งอยู่ในระดับ Medium gain เพราะมีค่าระหว่าง 0.30 – 0.70 วิเคราะห์องค์ประกอบมีค่า <g> = 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับ Medium gain วิเคราะห์ความสัมพันธ์มีค่า <g> = 0.30 ซึ่งอยู่ในระดับ medium gain และวิเคราะห์หลักการมีค่า <g> = 0.72 ซึ่งอยู่ในระดับ High gain เพราะมีค่ามากกว่า 0.70

ผลจากการศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน จากค่าพัฒนาการ (Normalized gain) <g> พบว่าภาพรวมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางค่อนไปทางพัฒนาการสูง เมื่อวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์พบว่าวิเคราะห์องค์ประกอบมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางค่อนไปทางสูงเช่นเดียวกัน ส่วนวิเคราะห์ความสัมพันธ์นักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง แต่วิเคราะห์หลักการนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ตั้งแต่ระดับปานกลางไปถึงระดับสูง

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีการทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนแล้วพบว่าไม่แตกต่างกัน ปรากฏผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์และจำแนกตามองค์ประกอบในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*t*-test	p	Effect size Cohen's d
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ (n=100)						
กลุ่มทดลอง	12.50	1.37	83.33	4.91	.000*	0.19
กลุ่มควบคุม	11.00	1.71	73.33			
วิเคราะห์องค์ประกอบ						
กลุ่มทดลอง	4.19	0.79	83.80	3.04	.003*	0.63
กลุ่มควบคุม	3.60	1.07	72.00			
วิเคราะห์ความสัมพันธ์						
กลุ่มทดลอง	3.76	0.81	75.20	2.92	.004*	0.08
กลุ่มควบคุม	3.28	0.83	65.60			
วิเคราะห์หลักการ						
กลุ่มทดลอง	4.50	0.66	90.00	2.99	.003*	0.61
กลุ่มควบคุม	4.06	0.82	81.20			

**p<.05* (Independent Sample t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.50 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.37 คะแนน ส่วนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.00 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.71 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์จำแนกตามองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ คิดเป็น 15 คะแนน แบ่งตามองค์ประกอบ ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบ 5 คะแนน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 5 คะแนน และวิเคราะห์หลักการ 5 คะแนน สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ 83.80 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์องค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ 72.00

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์คิดเป็นร้อยละ 75.20 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์ความสัมพันธ์คิดเป็นร้อยละ 65.60

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์หลักการ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการคิดเป็นร้อยละ 90.00 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยวิเคราะห์หลักการคิดเป็นร้อยละ 81.20

ไม่เพียงเท่านั้นเมื่อนำข้อมูลคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาศึกษาหาขนาดผล (Effect size) ของตัวแปรต้นส่งผลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด ตามวิธีของ Cohen (1988) เพื่อนำผลมาพิจารณาว่าครั้งต่อไปควรที่จะนำเอาวิธีการจัดการเรียนรู้นี้มาพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์อีกหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้หาขนาดผลทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์พบว่า โดยภาพรวมมีค่าของขนาดผลเท่ากับ d = 0.19 ซึ่งมีผลขนาดน้อยมาก หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้แต่อยู่ในระดับน้อยมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อวิเคราะห์หาขนาดของผล (Effect size) แยกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์พบว่า วิเคราะห์องค์ประกอบมีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.63 ซึ่งมีขนาดผลปานกลาง หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาการวิเคราะห์องค์ประกอบได้ในระดับปานกลาง วิเคราะห์ความสัมพันธ์มีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.08 ซึ่งมีขนาดผลน้อยมาก หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ในระดับน้อยมาก และวิเคราะห์หลักการมีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.61 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง หมายความว่าการ

จัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาการวิเคราะห์หลักการได้ในระดับปานกลาง

ทั้งนี้ทั้งนั้น Glass และคณะ (1981) แนะนำการแปลความหมายของค่า d ว่าถึงแม้ขนาดของผลจะมีค่าน้อยมาก แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ก็ยังส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งถือได้ว่ามีประโยชน์ทางการศึกษา

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์หลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และปรากฏดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนทั้งฉบับของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และจำแนกตามองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีทั้ง 4 ด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบ	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*t*-test	p	Effect size Cohen's d
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีทั้งฉบับ (n=100)						
กลุ่มทดลอง	21.26	3.91	70.87	4.31	.000*	0.87
กลุ่มควบคุม	17.78	4.15	59.27			
ความรู้						
กลุ่มทดลอง	4.94	1.08	70.57	1.49	.069	0.29
กลุ่มควบคุม	4.59	1.24	65.57			

องค์ประกอบ	$\overline{x}$	SD	$\overline{x}_{ร้อยละ}$	*t*-test	p	Effect size Cohen's d
ความเข้าใจ						
กลุ่มทดลอง	4.58	1.29	65.43	4.33	.000*	0.87
กลุ่มควบคุม	3.34	1.57	47.71			
กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
กลุ่มทดลอง	6.54	1.46	81.75	4.08	.000*	0.82
กลุ่มควบคุม	5.25	1.69	65.63			
การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้						
กลุ่มทดลอง	5.18	1.40	64.75	2.10	.019*	0.42
กลุ่มควบคุม	4.59	1.40	57.38			

**p<.05* (Independent Sample t-test)

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.26 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.91 คะแนน ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.78 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.15 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีจำแนกตามองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จำนวน 30 ข้อ คิดเป็น 30 คะแนน แบ่งตามองค์ประกอบ ได้แก่ ด้านความรู้ และด้านความเข้าใจ อย่างละ 7 คะแนน ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ อย่างละ 8 คะแนน ดังนั้น สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตามองค์ประกอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความรู้ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี องค์ประกอบด้านความรู้ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบด้านความรู้คิดเป็นร้อยละ 70.57 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้คิดเป็นร้อยละ 65.57

ส่วนที่ 2 ความเข้าใจ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี องค์ประกอบด้านความเข้าใจ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบด้านความเข้าใจคิดเป็นร้อยละ 65.43 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจคิดเป็นร้อยละ 47.71

ส่วนที่ 3 กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี องค์ประกอบด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 81.75 และนักเรียน

ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 65.63

ส่วนที่ 4 การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี องค์ประกอบด้านการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบด้านการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 64.75 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยด้านการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 57.38

ไม่เพียงเท่านั้นเมื่อนำข้อมูลคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาศึกษาหาขนาดของผล (Effect size) ของตัวแปรตันส่งผลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด เพื่อนำผลมาพิจารณาว่าครั้งต่อไปควรที่จะนำเอาวิธีการจัดการเรียนรู้นี้มาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีอีกหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้หาขนาดผลทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีพบว่า โดยภาพรวมมีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.87 ซึ่งมีผลขนาดมาก หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนได้ในระดับดีมาก

เมื่อวิเคราะห์หาขนาดของผล (Effect size) แยกตามองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีพบว่า ด้านความรู้มีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.29 ซึ่งมีขนาดผลน้อย หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาด้านความรู้ได้ในระดับน้อย ด้านความเข้าใจมีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.87 ซึ่งมีขนาดผลมาก หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการด้านความเข้าใจได้

ในระดับดีมาก ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.82 ซึ่งมีขนาดผลมาก หมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดีมาก และด้านการนำความรู้และกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไปใช้มีค่าของขนาดของผลเท่ากับ d = 0.42 ซึ่งมีผลอยู่ในระดับน้อยกึ่งปานกลาง

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีอย่างมาก โดยเฉพาะด้านความเข้าใจและด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้ทั้งนั้น Glass และคณะ (1981) แนะนำการแปลความหมายของค่า d ว่าถึงแม้ขนาดของผลจะมีค่าน้อยมาก แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ก็ยังส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งถือได้ว่ามีประโยชน์ทางการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่อง ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 100 คน โดยกำหนด 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีนักเรียน 53 คน และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีนักเรียน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีค่าความเที่ยง Kuder-Richardson (KR21) ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 0.64 และ 0.67 ตามลำดับ และมีค่าความเที่ยงแบบคู่ขนานเท่ากับ 0.92 และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.46 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที (*t*-test) ผู้วิจัยแสดงรายละเอียดสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ไว้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน จากการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยสามารถแบ่งการอภิปรายได้เป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้กลยุทธ์ด้วยแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยมีเหตุผลในการสนับสนุนการวิจัยทั้ง 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเพิ่มเติมแยกตามองค์ประกอบ ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ยังพบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนครบทุกองค์ประกอบ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและมีขั้นตอนการคิดที่เป็นระบบ เพราะมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกคิด ประมวลความรู้ในสิ่งที่เรียนจากการใช้คำถาม เพื่อสำรวจความแม่นยำในมโนทัศน์และการคิดเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์อื่น ๆ ร่วมกับให้นักเรียนได้ฝึกคิดแยกแยะองค์ประกอบคิดหามโนทัศน์หลักและคิดเปรียบเทียบระหว่างมโนทัศน์เป้าหมาย (Target) ทางเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์กับแนวเทียบ (Analog) จากตัวอย่างในชีวิตประจำวัน โดยหลักการนี้เป็นไปตามแนวคิดของ (Orgill & Thomas, 2007) ซึ่งเป็นผู้คิดค้นการนำเอาแนวเทียบมาเป็นเครื่องมือใช้ร่วมกับวิธีการสอนตามแนวสืบสอบอย่างวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนชัดเจนในกระบวนการคิด มองเห็นภาพมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม เอาชนะความเข้าใจผิดเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สัมพันธ์กับคุณลักษณะของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่จะต้องแสดงออกถึงความสามารถในการจำแนกแยกแยะข้อมูล อธิบายความสัมพันธ์และหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ (Bloom, 1956) ที่จำแนกองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย วิเคราะห์องค์ประกอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E จึงเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ตาม Orgill and Thomas (2007) ที่สนับสนุนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และตัวอย่างกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชัน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ Engagement

1) วิเคราะห์องค์ประกอบ: นักเรียนจะเริ่มมีการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของแนวเทียบ (Analog) จากเรื่องราวที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันตามที่ครูยกตัวอย่าง

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์: นักเรียนจะได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเรื่องราวจากแนวเทียบ (Analog) ในชีวิตประจำวันจากที่ครูยกตัวอย่าง

3) วิเคราะห์หลักการ: นักเรียนจะได้วิเคราะห์หลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของเรื่องราวจากแนวเทียบ (Analog) ในชีวิตประจำวันจากที่ครูยกตัวอย่าง

<u>ตัวอย่างกิจกรรม</u> ครูยกตัวอย่างแนวเทียบมนุษย์กลายพันธุ์จากเรื่อง X-men แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ตามว่า มนุษย์กลายพันธุ์มีอวัยวะหรืออุปกรณ์อะไรแตกต่างจากมนุษย์ทั่วไป ส่งผลให้มีลักษณะและความสามารถแตกต่างจากมนุษย์ทั่วไป และมีความสามารถพิเศษเฉพาะตามแต่ละอวัยวะหรืออุปกรณ์พิเศษนั้น จากนั้นครูเกริ่นว่ามโนทัศน์ของเรื่องหมู่ฟังก์ชันก็คล้ายคลึงกับมนุษย์กลายพันธุ์จากเรื่อง X-men

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา Exploration

1) วิเคราะห์องค์ประกอบ: นักเรียนจะได้จำแนกแยกแยะ ชนิด ประเภท ของข้อมูลเพื่อค้นหามโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์: นักเรียนจะได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในเนื้อหา เพื่อค้นหามโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์ หรือสามารถใช้แนวเทียบ (Analog) เป็นตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3) วิเคราะห์หลักการ: นักเรียนจะได้วิเคราะห์หลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล เพื่อค้นหามโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์ หรือสามารถใช้แนวเทียบ (Analog) เป็นตัวอย่างหลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างกิจกรรม นักเรียนจะได้สำรวจและค้นหามโนทัศน์ของหมู่ฟังก์ชัน จากการวิเคราะห์ผ่านกิจกรรมหมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร โดยนักเรียนจะได้วิเคราะห์สูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์ตั้งแต่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันทุกตัว ว่ามีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร กลุ่มอะตอมที่แตกต่างกันส่งผลอย่างไรต่อสมบัติของสารอินทรีย์แต่ละชนิด โดยครูอาจจะแนะนำว่าความสัมพันธ์ของมโนทัศน์หมู่ฟังก์ชันก็คล้ายกับมโนทัศน์ของมนุษย์กลายพันธุ์ X-men

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป Explanation

1) วิเคราะห์องค์ประกอบ: นักเรียนจะได้ระบุจุดประสงค์ของข้อมูลเพื่ออธิบายมโนทัศน์หลักทางเคมี

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์: นักเรียนจะได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในเนื้อหา เพื่อค้นหามโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์ โดยสามารถใช้แนวเทียบ (Analog) เป็นตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3) วิเคราะห์หลักการ: นักเรียนสามารถอธิบายหลักการ หรือแนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่ออธิบายมโนทัศน์หลักทางเคมี

ตัวอย่างกิจกรรม นักเรียนพยายามที่จะอธิบายเพื่อสรุปมโนทัศน์ของหมู่ฟังก์ชันที่นักเรียนได้สำรวจและค้นหาจากขั้นที่ 2 ถ้านักเรียนสรุปมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง ครูสามารถแนะนำโดยอาจจะใช้แนวเทียบของมนุษย์กลายพันธุ์เป็นตัวอย่างความสัมพันธ์แทนการที่ครูจะบอกนักเรียนตรง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ Elaboration

1) วิเคราะห์องค์ประกอบ: นักเรียนจะได้จำแนกแยกแยะ ชนิด ประเภทของข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ และได้แยกแยะองค์ประกอบของเรื่องราวในชีวิตประจำวันจากสถานการณ์จริง

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์: นักเรียนจะได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ จำแนกแยกแยะความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลเพื่อเชื่อมโยงความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่

3) วิเคราะห์หลักการ: นักเรียนจะได้วิเคราะห์หลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ สามารถอธิบายหลักการ หรือแนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากข้อความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

ตัวอย่างกิจกรรม นักเรียนจะนำความรู้มโนทัศน์ที่เรียนไปวิเคราะห์ในโจทย์เคมีอินทรีย์ใหม่ที่นักเรียนยังไม่เคยทำจากแบบฝึกหัดและโจทย์เพิ่มเติม ยกตัวอย่างแนวเทียบร่วมกันในชั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน Evaluation

1) วิเคราะห์องค์ประกอบ: นักเรียนจะได้แยกแยะองค์ประกอบของเรื่องราวในสถานการณ์ใหม่หรือทบทวนสถานการณ์เดิมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์: นักเรียนจะได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล จำแนกแยกแยะเชิงเหตุและผลของเรื่องราวในสถานการณ์ใหม่

3) วิเคราะห์หลักการ: นักเรียนจะได้วิเคราะห์หลักการที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของเรื่องราวในชีวิตประจำวันเพื่อสร้างแนวเทียบ (Analog) ของตนเอง

ตัวอย่างกิจกรรม นักเรียนจะได้วิเคราะห์มโนทัศน์ที่เรียนจากการทดสอบ ตอบคำถาม เล่นเกม และนักเรียนจะได้วิเคราะห์สรุปมโนทัศน์หมู่ฟังก์ชันทั้งหมดแล้วทำเป็นแผนภาพ และสร้างแนวเทียบด้วยตนเองใน Exit slip

จากรายละเอียดแต่ละขั้นตอนข้างต้นพบว่าการนำเอากลยุทธ์แนวเทียบมาใช้ร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E นอกจากการฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์จากการใช้คำถามแล้ว นักเรียนยังได้ฝึกคิดจากกระบวนการของเทคนิคการใช้แนวเทียบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gentner (2010) ที่กล่าวถึงกระบวนการใช้แนวเทียบสัมพันธ์ต่อการคิดวิเคราะห์ เพราะการใช้แนวเทียบมีกระบวนการคิดเปรียบเทียบระหว่าง 2 สิ่งหรือมากกว่าในสถานการณ์หนึ่ง ส่งผลให้มีการคิดวิเคราะห์ในการแยกย่อยองค์ประกอบในสถานการณ์ หาความสัมพันธ์ในการอธิบายอย่างเป็นระบบ เปรียบเทียบความเหมือนความต่าง ระหว่าง 2 สิ่งหรือมากกว่า และประเมินถึงปัจจัยสำคัญของสถานการณ์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kao (2014) ที่กล่าวว่าการใช้แนวเทียบมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิเคราะห์อย่างมาก เพราะการใช้แนวเทียบส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ในด้านการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 2 สิ่งหรือมากกว่า ซึ่งเป็นลักษณะของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ประการที่สอง กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดวิเคราะห์หลายครั้งในหลายขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ทั้งการคิดวิเคราะห์ในมโนทัศน์ทางเคมีอินทรีย์และคิดวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมโนทัศน์เป้าหมาย (Target) ทางเคมีกับแนวเทียบ (Analog) ในชีวิตประจำวันที่คุ้นเคยที่จะปรับเปลี่ยนแตกต่างกันไปตามความสอดคล้องกับเนื้อหาเคมีอินทรีย์นั้น ๆ ยิ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ซ้ำ ๆ อย่างต่อเนื่องในบริบทเนื้อหาเคมีอินทรีย์ที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านการคิดวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นถึงแม้บริบทจะแตกต่าง สอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ที่ว่าด้วยกฎของการฝึกฝน (Law of Practice) ระบุว่า การกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งซ้ำ ๆ เป็นการฝึกฝนช่วยให้เกิดความมั่นคงทางการเรียนรู้ แต่การกระทำใดที่ไม่ได้กระทำซ้ำอย่างต่อเนื่องจะไม่ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างถาวร นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sornsakda, Suksringarm, and Singseewo (2009) จากผลของงานวิจัยที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิคการรู้คิดเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีการฝึกซ้ำในทุก ๆ ขั้นตอน จากผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับกฎของการฝึกฝนตามทฤษฎีของธอร์นไดค์ที่นักเรียนจะได้ฝึกฝนความสามารถของตนเองในแต่ละทักษะกระบวนการซ้ำ ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียน

ของนักเรียนแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ ยังพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ทุกองค์ประกอบ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก การคิดวิเคราะห์เป็นลักษณะการคิดหนึ่งที่เป็นพื้นฐานของทักษะการคิดขั้นสูงอื่น ๆ แต่ลักษณะการคิดโดยทั่วไปนั้นจะค่อนไปในส่วนของนามธรรม จึงทำให้การตีความและการทำความเข้าใจของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน และลักษณะที่เป็นนามธรรมนี้เองจึงเป็นสิ่งที่ยากแก่การสอน เนื่องจากไม่มีแนวทางที่ชัดเจนเป็นรูปธรรมเพียงพอต่อการจัดกิจกรรมการสอน (ทิศนา แขมมณี, 2558) แต่กลยุทธ์แนวเทียบเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น จึงทำให้คิดวิเคราะห์ได้ดีขึ้น เพราะว่าในชีวิตประจำวันทุกสิ่งทุกอย่างล้วนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์ ซึ่งจะมีทั้งเป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยส่วนใหญ่จะเป็นนามธรรม เพราะรูปธรรมจะเป็นในส่วนของผลิตภัณฑ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เห็นได้ชัด และส่วนของนามธรรม เช่น ระดับโมเลกุลของสาร ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อคุณสมบัติที่แตกต่างกันของสารนั้น ๆ ออกมา จึงมีความเป็นเหตุเป็นผลว่าผลิตภัณฑ์หรือสิ่งของรอบตัวที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากอะไร แต่เนื้อหาในส่วนของนามธรรมเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น เข้าใจได้ยาก นักเรียนส่วนใหญ่จึงเรียนเคมีอินทรีย์ผ่านการจำและไม่สามารถนำความรู้เนื้อหาในเรื่องนี้ไปวิเคราะห์ เชื่อมโยงและประยุกต์ใช้กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวในชีวิตประจำวันไม่ได้

กลยุทธ์แนวเทียบจะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหานามธรรมได้ง่ายขึ้น เนื่องจากกลยุทธ์แนวเทียบเป็นการนำเนื้อหา มโนทัศน์ ในส่วนที่เข้าใจได้ยากมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเรื่องราวในชีวิตประจำวันที่นักเรียนคุ้นเคย เพื่อที่จะช่วยลดเวลาในการอธิบายเพราะนักเรียนจะมองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น กลยุทธ์แนวเทียบจึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนก้าวผ่านอุปสรรคในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหานามธรรมและสามารถวิเคราะห์หาหลักการของเนื้อหารวมถึงเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สอดคล้องกับแนวคิดของ (Harrison & Treagust, 2006) ที่กล่าวว่านักเรียนจะเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ได้อย่างมีความหมายเมื่อนักเรียนมองเห็นภาพและเชื่อมโยงระหว่างสิ่งใหม่ที่เรียนกับสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่แล้วได้ และการสอนที่สำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่คุ้นเคยกับสิ่งที่ซับซ้อนในวิชาวิทยาศาสตร์คือการสอนแบบสืบสอบ แต่ถ้าเป็นเนื้อหานามธรรมและผู้สอนมีกลยุทธ์แนวเทียบที่เหมาะสม แนะนำให้ใช้กลยุทธ์แนวเทียบมากกว่า เนื่องจากกลยุทธ์แนวเทียบจะช่วยสนับสนุนมโนทัศน์การเรียนรู้จากการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมที่คุ้นเคยกับประสบการณ์ บริบท และปัญหาใหม่ ๆ ได้ง่ายจากการเปรียบเทียบเป็นภาพที่ชัดเจน

นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวกับกลยุทธ์แนวเทียบช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของ (Richland & Simms, 2015) ที่กล่าวว่า กลยุทธ์แนวเทียบเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทำความเข้าใจเปรียบได้กับพลังในการเรียนรู้ โดยมีกุญแจสำคัญได้แก่ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์กับแนวเทียบที่เป็นสิ่งของ ภาพ แบบจำลอง หรือตัวแทนอื่น ๆ ที่ช่วยให้เห็นภาพปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ง่าย ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญทางปัญญาและเป็นกระบวนการที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิด

ประการที่สอง กลยุทธ์แนวเทียบมีขั้นตอนในการประเมินแนวเทียบโดยการให้นักเรียนได้เขียนสะท้อนคิด (Exit slip) เกี่ยวกับแนวเทียบที่ได้เรียนรู้ เพื่อให้ครูใช้ในการทบทวนความเหมาะสมของแนวเทียบเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการใช้แนวเทียบในการสอนครั้งต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นกระบวนการดังกล่าวยังเอื้อต่อการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์อีกด้วย เพราะนักเรียนจะได้สร้างแนวเทียบที่สอดคล้องกับแต่ละมโนทัศน์ในเรื่องเคมีอินทรีย์ด้วยตนเอง ซึ่งการสร้างแนวเทียบนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจที่ชัดเจนต่อมโนทัศน์เคมีอินทรีย์เรื่องนั้น ๆ เพราะจะต้องวิเคราะห์มโนทัศน์ที่สำคัญหลักการของเนื้อหาเพื่อที่จะสามารถเลือกตัวอย่างแนวเทียบในชีวิตประจำวันที่จะนำมาเป็นตัวแทนมโนทัศน์เคมีอินทรีย์ได้ และนักเรียนจะต้องวิเคราะห์รายละเอียดลึกไปกว่านั้นทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เป้าหมาย (Target) ทางเคมีกับแนวเทียบ (Analog) ในชีวิตประจำวันที่นักเรียนยกตัวอย่าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kao, 2014, 2016) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างกลยุทธ์แนวเทียบด้วยตนเองแสดงออกถึงความฉลาดในการคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิเคราะห์และยังเป็นใจความสำคัญต่อการคิดอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งแสดงตัวอย่างการสร้างแนวเทียบของนักเรียน ดังนี้

ตัวอย่างแรก เป็นตัวอย่างของนักเรียนที่ไม่เข้าใจแนวเทียบที่ครูยกตัวอย่างมาก่อน แต่นักเรียนทำความเข้าใจกับแนวเทียบตามที่ครูชี้แนะได้ และยังสามารถนำมาคิดวิเคราะห์ด้วยการสร้างแนวเทียบที่สอดคล้องกับมโนทัศน์เป้าหมายด้วยตนเองต่อได้ ดังนี้

นักเรียนคนที่ 1

คำถามข้อ 1 การเปรียบเทียบด้วยมนุษย์กลายพันธุ์ X-men ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องหมู่ฟังก์ชันง่ายขึ้นหรือไม่อย่างไร? นักเรียนตอบว่า *“ก็เข้าใจขึ้นค่ะ แต่ว่าไกลตัวหนูนิดหนึ่ง เพราะว่าหนูไม่เคยดูมนุษย์กลายพันธุ์ x-men ค่ะ แต่พอครูบอกว่าคือมนุษย์ที่ได้อวัยวะพิเศษแล้วเป็นมนุษย์กลายพันธุ์ ถึงเข้าใจค่ะ ช่วยให้เข้าใจตรงที่หมู่ฟังก์ชันเป็นเหมือนกับอวัยวะพิเศษที่ทำให้สารอินทรีย์ปกติกลายเป็นสารอินทรีย์สมบัติพิเศษขึ้นค่ะ”*

คำถามข้อ 2 จงยกตัวอย่างการเปรียบเทียบอื่น ๆ นอกจากมนุษย์กลายพันธุ์ X-men ที่สอดคล้องกับเรื่องหมู่ฟังก์ชัน นักเรียนตอบว่า *“เครื่องสำอาง(การแต่งหน้า) เพราะการแต่งหน้าสามารถแต่งแตกต่างกันไปตามกิจกรรมค่ะ”*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากคำตอบของนักเรียนสังเกตได้ว่านักเรียนไม่คุ้นเคยกับแนวเทียบที่ครูยกตัวอย่าง แต่แนวเทียบเป็นสิ่งที่รูปธรรม เห็นภาพชัดเจน นักเรียนจึงสามารถที่จะทำความเข้าใจความสัมพันธ์ได้ไม่ยาก และนักเรียนสามารถที่จะคิดวิเคราะห์เพื่อที่จะเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เป้าหมายกับ สิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยต่อได้ ดังนี้

นักเรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างหมู่ฟังก์ชันกับแนวเทียบการแต่งหน้าได้ เพราะปกตินักเรียนผู้หญิงไม่ได้แต่งหน้า แต่เมื่อมีงานกิจกรรมหรือโอกาสพิเศษ นักเรียนจะมีการ

แต่งหน้าเพิ่มเติมตามความเหมาะสมในแต่ละกิจกรรม เช่น ปกติมาโรงเรียนจะไม่แต่งหน้า แต่เมื่อมีกิจกรรมงานสุนทรภู่ ผู้ที่แสดงก็จะแต่งหน้าในรูปแบบย้อนยุคโบราณ กิจกรรมงานวันคริสมาสต์ ผู้ที่แสดงก็จะแต่งหน้าสดใสเข้ากับเทศกาล ฯลฯ คล้ายคลึงกับสารอินทรีย์คือพื้นฐานจะเป็นแบบไฮโดรคาร์บอนที่มีเฉพาะอะตอมของ C กับ H และจะมีคุณสมบัติหนึ่ง เมื่อสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้นคือมีกลุ่มอะตอมเข้ามาเพิ่มแตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันเฉพาะตามหมู่ฟังก์ชันนั้น ๆ

นักเรียนสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันกับแนวเทียบการแต่งหน้าได้ เพราะนักเรียนเล็งเห็นความแตกต่างจากการแต่งหน้าของตนเองตามภาระหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบสอดคล้องกับคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปตามหมู่ฟังก์ชัน

นักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักการได้จากสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันนั้นแตกต่างจากสารอินทรีย์ที่เป็นไฮโดรคาร์บอนตรงที่มีกลุ่มอะตอมเพิ่มเข้ามาและทำให้มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปสอดคล้องกับหลักการของแนวเทียบการแต่งหน้า คือ การแต่งหน้าในแต่ละกิจกรรมแสดงถึงหน้าที่ที่นักเรียนต้องรับผิดชอบมากขึ้นกว่าปกติและมีหน้าที่ที่แตกต่างกันไปตามกิจกรรม

<u>ตัวอย่างที่สอง</u> เป็นตัวอย่างของการยกตัวอย่างแนวเทียบที่ดี เห็นภาพชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและสอดคล้องกับมโนทัศน์เป้าหมายในเรื่องหมู่ฟังก์ชัน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนคนที่ 2

คำถามข้อ 1 การเปรียบเทียบด้วยมนุษย์กลายพันธุ์ X-men ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องหมู่ฟังก์ชันง่ายขึ้นหรือไม่อย่างไร? นักเรียนตอบว่า *“ง่ายขึ้น โดยเฉพาะการเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันเป็นอวัยวะพิเศษ ทำให้เข้าใจต่อมาได้ว่า สารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันก็จะมีความพิเศษเป็นของตัวเอง”*

คำถามข้อ 2 จงยกตัวอย่างการเปรียบเทียบอื่น ๆ นอกจากมนุษย์กลายพันธุ์ X-men ที่สอดคล้องกับเรื่องหมู่ฟังก์ชัน นักเรียนตอบว่า *“เครื่องแบบของอาชีพต่าง ๆ เมื่อเราอยู่นอกเครื่องแบบทุก ๆ คนก็จะเป็นมนุษย์คนหนึ่งเหมือนกัน แต่เมื่อใส่เครื่องแบบแล้วก็จะรู้ได้ว่าคนนี้ทำอาชีพอะไร พิเศษอย่างไร”*

จากคำตอบของนักเรียนคนที่ 2 สังเกตได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในการเชื่อมโยงแนวเทียบที่ครูยกตัวอย่างและมโนทัศน์เป้าหมายเป็นอย่างดี และนักเรียนสามารถยกตัวอย่างแนวเทียบเครื่องแบบของอาชีพต่าง ๆ ทำให้เห็นภาพหลักการของหมู่ฟังก์ชันได้อย่างชัดเจน และนักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ได้ ดังนี้

นักเรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบได้จากการเลือกตัวอย่างแนวเทียบมาเป็นตัวอย่างที่มีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์และหลักการกับสารอินทรีย์ ได้แก่ มนุษย์ทั่วไปเปรียบเสมือนสารไฮโดรคาร์บอน และมนุษย์เมื่อใส่เครื่องแบบอาชีพต่าง ๆ เปรียบเสมือนสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน

นักเรียนสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้จากความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันในแต่ละองค์ประกอบของแนวเทียบมนุษย์กับชุดเครื่องแบบมีความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกันกับความสัมพันธ์แต่ละองค์ประกอบของสารอินทรีย์

นักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักการได้จากสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันจะมีคุณสมบัติเฉพาะแต่ละหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้นมาจากสารอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอนและตัวอย่างมนุษย์กับเครื่องแบบอาชีพต่าง ๆ ก็มีหลักการสอดคล้องกันคือมนุษย์ทั่วไปจะมีหน้าที่พลเมืองเป็นบรรทัดฐานและเมื่อมีอาชีพที่แตกต่างกันไปก็จะมีชุดเครื่องแบบและหน้าที่ที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันไปตามแต่ละอาชีพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้กลยุทธ์ด้วยแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคเมีของนักเรียนเพิ่มเติมแยกตามองค์ประกอบ ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E เกือบครบทุกองค์ประกอบ ยกเว้นด้านความรู้ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สอดคล้องกับแนวคิดของเพียเจต์ ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) แบบพุทธิปัญญานิยม (Cognitive constructivism) ที่มีหลักการให้นักเรียนลงมือสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Actively construct) มากกว่ารับความรู้และจดจำเท่านั้น (Passive receive) เพราะกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ได้มีการให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นการสำรวจและค้นหา และขั้นสรุป ผ่านการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์แนวเทียบมาเป็นตัวเปรียบเทียบให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่ยากหรือนามธรรมได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Licato (2015) ที่กล่าวว่า ในความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนควรจะมีรูปแบบการใช้แนวเทียบมาช่วยปรับโครงสร้างทางปัญญา และการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ยังมีการปรับตัวทางความรู้ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Accommodation) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีกระบวนการ 2 อย่างที่กล่าวข้างต้นแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 กระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา (Assimilation):

นักเรียนจะได้ดูดซึมความรู้ผ่านขั้นสรุป และขั้นขยายความรู้ ด้วยตนเอง เพราะเป็นขั้นที่นักเรียนได้รับข้อมูลใหม่มาจากการอธิบายเพิ่มเติมของครูและจากสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อตีความและปรับให้เข้ากับโครงสร้างทางปัญญาด้วยตนเอง โดยใช้แนวเทียบ (Analogy) เป็นตัวช่วยในการเปรียบเทียบลักษณะความสัมพันธ์และหลักการของมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2 กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation):

นักเรียนจะได้ปรับโครงสร้างทางปัญญาตั้งแต่ขั้นแรก ซึ่งก็คือขั้นสร้างความสนใจ ต่อมาด้วยขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นสรุป เพราะเป็นขั้นที่นักเรียนจะได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่ต้องเรียนใหม่ ผ่านการใช้แนวเทียบที่นักเรียนคุ้นเคย (Analog) เปรียบเทียบกับมโนทัศน์เป้าหมาย (Target) ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นส่วนนามธรรมได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะเห็นภาพชัดเจนขึ้นจากการเปรียบเทียบกับสิ่งที่คุ้นเคย

กระบวนการดูดซึมประสบการณ์หรือกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา ทั้ง 2 กระบวนการนี้ กระบวนการไหนจะเกิดขึ้นก่อนกันขึ้นอยู่กับสิ่งที่นักเรียนได้รับ ถ้าเป็นเรื่องใหม่ที่นักเรียนไม่เคยรู้กระบวนดูดซึมประสบการณ์จะเกิดขึ้นก่อน แต่ถ้าเป็นการนำความรู้เดิมไปต่อยอดขยายความรู้สู่ประสบการณ์ใหม่กระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นก่อน

ประการที่สอง กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น ซึ่งเคมีอินทรีย์เป็นบทที่มีทั้งส่วนที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม แต่ก่อนที่นักเรียนจะเรียนเรื่องที่เป็นรูปธรรมนั้น นักเรียนจะต้องเข้าใจที่มาที่ไปในเนื้อหาที่เป็นส่วนนามธรรมก่อน เพราะว่าสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปของแต่ละสารอินทรีย์นั้นเป็นเพราะมีองค์ประกอบของกลุ่มอะตอมที่แตกต่างกัน แต่นักเรียนส่วนใหญ่กลับเรียนเคมีอินทรีย์ผ่านการท่องจำมากกว่าการทำความเข้าใจเนื้อหาส่วนนามธรรม จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องเคมีอินทรีย์มาเชื่อมโยงประยุกต์ และต่อยอดใช้กับชีวิตประจำวันได้ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือเข้ามาช่วยให้นักเรียนเอาชนะอุปสรรคเรื่องความเข้าใจนามธรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สอดคล้องกับหลักการของ Harrison and Treagust (2006) ที่กล่าวว่า สิ่งสำคัญในการนำเอากลยุทธ์แนวเทียบมาใช้ในการเรียนการสอนคือเป็นเครื่องมือในการสื่อสารระหว่างสิ่งใหม่กับสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว ถึงแม้ว่าจะมีการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ทำหน้าที่เดียวกัน แต่ในเรื่องที่ยากต่อการอธิบายและเห็นภาพไม่ชัดเจน เช่น ในเรื่องระดับโมเลกุล กลยุทธ์แนวเทียบถือว่าเป็นเครื่องมือสื่อสารในการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมได้ดีเมื่อมีกลยุทธ์แนวเทียบที่เหมาะสม

สอดคล้องกับงานวิจัย Heywood (2002) ที่กล่าวว่าประสิทธิภาพของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบต่างจากการอธิบายเนื้อหาในส่วนนามธรรมตรงที่กลยุทธ์แนวเทียบจะช่วยแตกองค์รายละเอียดเพื่อเปรียบเทียบแต่ละองค์ประกอบกับแนวเทียบทำให้เห็นองค์ประกอบแต่ละส่วนและภาพรวมได้อย่างชัดเจน ซึ่งกลยุทธ์แนวเทียบ (Analogy) เปรียบเสมือนเทคนิคการเอื้ออำนวยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ง่ายขึ้นหรือที่เรียกว่า (Scaffolding) และยังสอดคล้องกับหลักการของ Van Der Stuyf (2002) ที่กล่าวว่าการสอนด้วย Scaffolding เป็นเครื่องมือที่ถูกสร้างจากทฤษฎีคอนสตรัคเชิงสังคมและทฤษฎี ZPD หรือรอยต่อพัฒนาการการเรียนรู้ของไวก็อตสกี้ ซึ่งระบุไว้ว่า Scaffolding เป็นการอำนวยความสะดวกนักเรียนในการต่อยอดองค์ความรู้ใหม่จากความรู้เดิม

การสอน Scaffolding สัมพันธ์กับกลยุทธ์แนวเทียบด้วยการเชื่อมโยงระหว่างนามธรรมที่เป็นมโนทัศน์เป้าหมาย (Target) ทางเคมีกับรูปธรรมในชีวิตประจำวันมาเป็นแนวเทียบที่นักเรียนคุ้นเคย (Analog) เพื่อเป็นเครื่องมือที่เอื้อให้นักเรียนมองเห็นภาพในส่วนของนามธรรมที่เข้าใจได้ยากชัดเจนยิ่งขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dunbar (1997) ที่เกี่ยวกับการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ช่วยเปลี่ยนมโนทัศน์อย่างไร กล่าวว่า แนวเทียบเป็นกลยุทธ์ที่ถูกใช้เอื้ออำนวย (Scaffolding) ให้นักวิทยาศาสตร์ เช่น ไอน์สไตน์, ชาร์ล ดาวินส์, โบร์ห เป็นต้น (Heywood, 2002) ในการสร้างทฤษฎีหรือวิธีการใหม่ ๆ อยู่บ่อยครั้ง เพราะกลยุทธ์แนวเทียบช่วยทำให้เห็นภาพนามธรรมได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนจะเป็นไปตามสมมติฐาน แต่เป็นเพียงการวิเคราะห์ภาพรวม เพราะเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแต่ละด้านของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีพบว่า ด้านความรู้ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ไม่ได้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายความว่าในงานวิจัยนี้การที่ใช้กลยุทธ์แนวเทียบ (Analogy) หรือไม่ได้ใช้อาจไม่มีผลต่อด้านความรู้ความจำ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Glynn and Takahashi (1998) ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้จากแนวเทียบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เสนอจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียนรู้เรื่องเซลล์ผ่านการใช้แนวเทียบว่าการเปรียบเทียบเซลล์กับแนวเทียบของโรงงานช่วยให้นักเรียนมีความจำเกี่ยวกับเรื่องเซลล์ได้ดีขึ้น อีกทั้งผลการวิจัยสรุปว่าการใช้แนวเทียบเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในมโนทัศน์ให้กับนักเรียนได้ดีขึ้นและยังช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความจำดีขึ้นอีกด้วย

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแต่ละศาสตร์นั้นมีประเภทของความรู้แตกต่างกัน เพราะจากงานวิจัยของ (Glynn & Takahashi, 1998) ความรู้ในศาสตร์ทางชีววิทยาเรื่องเซลล์เป็นความรู้ความจำเกี่ยวกับลักษณะองค์ประกอบภายในเซลล์ประกอบด้วยอะไรบ้าง ดังนั้น การใช้กลยุทธ์แนวเทียบในเรื่องนี้จึงมีประสิทธิภาพในการช่วยให้จำองค์ประกอบได้ดีขึ้นจากการเปรียบเทียบกับแนวเทียบเรื่องโรงงาน แต่ความรู้ความจำที่ผู้วิจัยวัดนักเรียนในเรื่องเคมีอินทรีย์นั้น เป็นเพียงการใช้ความรู้ความจำจากกลุ่มอะตอมของหมู่ฟังก์ชันประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างและคำศัพท์ที่เป็นชื่อสารประกอบและชื่อหมู่ฟังก์ชัน การใช้กลยุทธ์แนวเทียบอาจไม่ได้ช่วยให้จำชื่อคำศัพท์ได้ดียิ่งขึ้น เพราะคำศัพท์เป็นสิ่งที่ตายตัวไม่อาจเปรียบเทียบได้ ดังนั้น ข้อจำกัดของการใช้กลยุทธ์แนวเทียบในการพัฒนาด้านความรู้ของนักเรียนขึ้นประเภทของความรู้ในแต่ละประเภท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E นั้นสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้ โดยครูควรคำนึงถึงรายละเอียด ดังนี้

1) การใช้แนวเทียบไม่ได้เหมาะสมกับทุกมโนทัศน์ในบทเรียนหนึ่ง ๆ ดังนั้น เมื่อครูต้องการนำกลยุทธ์แนวเทียบไปใช้ ครูจะต้องคำนึงถึงความระมัดระวังในการใช้ โดยควรที่จะวิเคราะห์เนื้อหาก่อนว่าเนื้อหามีความซับซ้อนเข้าใจยาก มีความเป็นนามธรรม และครูมีแนวเทียบที่ยกตัวอย่างแล้วทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้นมากกว่าการสร้างความเข้าใจผิด ถึงจะเหมาะสมกับการใช้แนวเทียบ

2) ครูผู้สอนควรจะทำการสำรวจตัวอย่างแนวเทียบที่นำมาใช้กับนักเรียนการสอนว่านักเรียนรู้จักตัวอย่างที่ครูนำมาหรือไม่ เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจผิดต่อแนวเทียบหรือการเพิ่มความยากต่อการทำความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนเพิ่มขึ้น เพราะนักเรียนจะต้องพยายามทำความเข้าใจแนวเทียบให้ชัดเจนก่อน แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีแนวเทียบที่นักเรียนทุกคนรู้จักตรงกัน ครูควรที่จะหาแนวเทียบที่มีความซับซ้อนน้อย เพื่อที่นักเรียนจะสามารถทำความเข้าใจตามได้ง่ายและไม่เกิดความเข้าใจผิดต่อแนวเทียบ

3) การใช้กลยุทธ์แนวเทียบครูผู้สอนควรร้อยเรียงเป็นเรื่องราวในการนำไปอธิบายนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจหรือรู้สึกไม่สมเหตุสมผลกับเรื่องราวของตัวอย่างแนวเทียบแล้ว นักเรียนจะเกิดอคติต่อแนวเทียบนั้น ๆ ดังนั้น กลยุทธ์แนวเทียบจึงไม่จำเป็นจะต้องมีทุกขั้นในการสอนสำหรับทุกเนื้อหา แต่ครูควรประเมินว่าสำหรับเนื้อหานั้น ๆ ถ้าเรียบเรียงเป็นเรื่องราวแล้วควรนำกลยุทธ์แนวเทียบมาใช้ขั้นไหนถึงจะเหมาะสมมากกว่า

4) การใช้แบบสะท้อนแนวเทียบของครูว่าช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ง่ายขึ้นหรือไม่และสร้างแนวเทียบของตนเองผ่านการเขียนลงใน Exit slip ครูควรให้เวลานักเรียนในการคิดทบทวนเนื้อหาที่เรียนและให้เวลาคิดสร้างแนวเทียบใหม่ของตนเองที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ ดังนั้น การให้นักเรียนทำแบบสะท้อนไม่จำเป็นจะต้องทำในขั้นประเมินขั้นสุดท้ายในห้องเรียน แต่ควรให้นักเรียนทำเป็นการบ้านและกำหนดระยะเวลาส่งก่อนเรียนมโนทัศน์ที่ใช้แนวเทียบใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน ควรจะทดสอบก่อนและหลังของนักเรียนในแต่ละมโนทัศน์ทันที เพื่อที่จะป้องกันการแทรกซ้อนเกี่ยวกับการเตรียมตัวอ่านหนังสือมาทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และจะได้ทดสอบด้วยว่ากลยุทธ์แนวเทียบในแต่ละมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ดีขึ้นหรือไม่

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ผู้วิจัยพบข้อสังเกตที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1) ควรมีการศึกษาวิจัยการพัฒนาแนวเทียบกับความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากกิจกรรมการทำแบบสะท้อนคิดเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์แนวเทียบของนักเรียน นักเรียนจะต้องสร้างแนวเทียบด้วยตนเองโดยที่ไม่ซ้ำกับแนวเทียบที่ครูยกตัวอย่างซึ่งตรงกับองค์ประกอบหนึ่งในความคิดสร้างสรรค์คือ ความคิดริเริ่ม (Originality) ซึ่งหมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น นอกจากนี้การสร้างแนวเทียบนักเรียนจะต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวเทียบกับมโนทัศน์หลัก ซึ่งตรงกับองค์ประกอบหนึ่งในความคิดสร้างสรรค์คือ ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) และทางด้านการคิด (Ideational Fluency) เพราะสามารถคิดคล่องได้ภายในเวลาที่กำหนด นอกจากนั้นการสร้างแนวเทียบของนักเรียนยังตรงกับองค์ประกอบหนึ่งในความคิดสร้างสรรค์อื่นอีกได้แก่ ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ไม่ซ้ำกัน สุดท้ายตรงกับองค์ประกอบความคิดละเอียดละออ (Elaboration) ซึ่งหมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน เพราะนักเรียนสามารถสร้างแนวเทียบที่เป็นตัวแทนมโนทัศน์นามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ควรมีการศึกษาวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับการพัฒนาและการสร้างแบบจำลอง เพราะกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ลองสร้างแนวเทียบด้วยตนเองที่ไม่ซ้ำกับที่ครูยกตัวอย่าง ซึ่งขั้นนี้นักเรียนจะต้องทบทวนมโนทัศน์ที่ได้เรียนไปเพื่อที่จะวิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบ หลักการและความสัมพันธ์ในการหาตัวอย่างที่นักเรียนคุ้นเคยมาเป็นตัวแทนให้เห็นภาพ ซึ่งจะมีครูเป็นผู้ประเมินว่าแนวเทียบที่นักเรียนสร้างนั้นสอดคล้องกับมโนทัศน์และเหมาะสมหรือไม่ ถ้าครูได้เพิ่มขั้นตอนทดลองใช้แนวเทียบที่นักเรียนสร้างและประเมินการทดลองใช้แนวเทียบที่นักเรียนสร้างเพิ่มเติม ก็จะครบกระบวนการสร้างแบบจำลอง และถ้าแนวเทียบที่นักเรียนสร้างมีความเหมาะสมกับมโนทัศน์ ครูสามารถที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปได้

3) ควรมีการศึกษาวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียน เนื่องจากบริบทของนักเรียนห้องที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E มีบรรยากาศในการเรียนเคมีอินทรีย์ที่ดีกว่านักเรียนห้องที่เรียนด้วยการเรียนรู้วงจรการเรียนรู้ 5E เนื่องจากว่ากลยุทธ์แนวเทียบที่เกริ่นขึ้นมาตั้งแต่ขั้นสร้างความสนใจจะช่วยให้นักเรียนรู้สึกว่าเนื้อหาเคมีอินทรีย์นั้นไม่ยากอย่างที่คิด เพราะสามารถเปรียบเทียบมโนทัศน์กับสิ่งรอบตัวที่นักเรียนคุ้นเคยได้อย่างเห็นภาพ จึงทำให้บรรยากาศในห้องเรียนครึกครื้น และกระตุ้นให้นักเรียนสนใจมโนทัศน์เป้าหมายได้อย่างดี

4) ควรมีการศึกษาพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากการสร้างแนวเทียบด้วยตนเองของนักเรียน เนื่องจากการสร้างแนวเทียบนักเรียนจะต้องทบทวนมโนทัศน์และวิเคราะห์องค์ประกอบความสัมพันธ์และหลักการภายในมโนทัศน์ จากนั้นนักเรียนจะต้องยกตัวอย่างเรื่องที่นักเรียนคุ้นเคยที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ ซึ่งนักเรียนจะต้องวิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ และหลักการของตัวอย่างที่นักเรียนคุ้นเคยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ข). *เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงเปรียบเทียบ*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซัคเซส มีเดีย.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2553). *การคิดเชิงวิเคราะห์*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซัคเซส มีเดีย.

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2549). *คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญระดับมัธยมศึกษา แนวคิด และวิธีปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม*. กรุงเทพมหานคร: แม็คฯ.

ชาตรี สำราญ. (2537). *สอนให้คิด คิดให้สอน*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ณัฏฐ์ ภูริพัฒน์สิริ. (2561). เด็กดี - เด็กเก่ง? : คุณลักษณะของครอบครัวและโรงเรียน. *พัฒนาการเศรษฐกิจปริทรรศน์,* 12(1).

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย.

ดิลก ดิลกานนท์. (2525). *การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความสามารถคิดสร้างสรรค์*. (วิทยานิพนธ์ กศ. ด.), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2558). ลักษณะการคิด. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บ.ก.), *ศาสตร์การคิด รวมบทความเรื่องการคิดและการสอนคิด*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ทิศนา แขมมณี. (2559). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านความคิด กระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณภาพ.

นวลจิตต์ เชาวีรติพงศ์. (2560). ความหมายและขอบเขตของการคิดวิเคราะห์. ใน ไพฑูรย์ สิลารัตน์ (บ.ก.), *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างอย่างไร* (pp. 8-17). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

น้องนาง ปรืองาม. (2554). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 12.

นิติกร อ่อนโยน. (2551). *ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น* . (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.) จำกัด.

ไพฑูรย์ สิลารัตน์. (2560). ลักษณะของคนที่มีความคิดวิเคราะห์. ใน ไพฑูรย์ สิลารัตน์ (บ.ก.), *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ไพฑูรย์ สิลารัตน์ และคณะ. (2560). *คิดวิเคราะห์ : สอนและสร้างได้อย่างไร.* กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ภัทรา นิคมานนท์. (2538). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

มรีจิ คงทรัตน์. (2553). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานพุทธศักราช 2525.* กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

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

ลัดดา ภู่เกียรติ. (2542). *การสร้างแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม* (รายงายผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขิต ธีรเวศิน. (2542). *การฝึกการคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

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

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

วิโรจน์ นาคชาตรี. (2542). *ข้อบกพร่องของภาษาและการอ้างเหตุผลจากประสบการณ์ในการใช้เหตุผล:* Reasoning. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *สรุปผลการวิจัย* PISA *2015 วิทยาศาตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2541). *เอกสารประกอบการสอนวิชา กว.571 ประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์.* บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

สมบูรณ์ รัตนบุญศรีทอง. (2553). *ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้* TSOI *ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พันธะเคมีและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *นโยบาย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2557). *ผลการประเมินคุณภาพภายนอก*. สืบค้นจาก https://aqa.onesqa.or.th/

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2548). *คู่มือการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: บริษัท 21 เซนจูรี่ จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2549). *คู่มือหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย.* กรุงเทพฯ: ม. ป. ท.

สุพัฒน์ สุกมลสันต์. (2553). ขนาดของผล : ความมีนัยสำคัญทางปฏิบัติในการวิจัย. *วารสารภาษาปริทัศน์*, 25, 26-38.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ดวงกมลมัย.

ไสว ฟักขาว. (2546). *การคิดเชิงวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

อรพรรณ พรสีมา. (2543). *การคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาทักษะการคิด.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาอังกฤษ

Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I. Cognitive domain.* New York: David McKay.

Brown, D. E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional science,* 18(4), 237-261.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness.*

Colorado Springs, Co: BSCS, *5*, *88-98.*

Chonkaew, P., Sukhummek, B., & Faikhamta, C. (2016). *Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry.* Chemistry Education Research and Practice, *17(4)*, *842-861.*

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of research in science teaching,* 30(10), 1241-1257.

Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge.

Cottrell, S. (2017). *Critical thinking skills: Effective analysis, argument and reflection*: Macmillan International Higher Education.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education,* 75(6), 649-672.

Dunbar, K. (1997). How scientists think: On-line creativity and conceptual change in science. In W. B. Thomas, S. M. Steven, & V. Jyotsna (Eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes,* 4. Washington D.C: American Psychological Association Press.

Furr, M. (2008). *Summary of Effect Size and their Links to Inferential Statistics.* Retrieved from http;//psych.wfu.edu/furr/EffectSizeFormulas.pdf

Gafoor, K. A., & Shilna, V. (2013). Analogies: A Method to Facilitate Chemistry Learning In Schools. *Journal of Educational Technology and Research.*

Gentner, D. (1989). *The mechanisms of analogical learning: In S. Vosniadou, and A. Ortony (Eds.), Similarity and analogical reasoning*: London, Cambridge University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Press.

Gentner, D. (2010). Bootstrapping the mind: Analogical processes and symbol systems. *Cognitive Science,* 34(5), 752-775.

Glynn, M. S. (2008). Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. In Olaf Krey (Ed.), *Four Decades of Research in Science Education-from Curriculum Development to Quality Improvement: From Curriculum Development to Quality Improvement* (pp. 113). Druckerei Hubert & Co., Gottingen.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. *The psychology of learning science*, 219-240.

Glynn, S. M. (1994). *Teaching Science with Analogies: A Strategy for Teachers and Textbook Authors* (Research Report). Office of Educational Research and Improvement (ED), Washington, DC.

Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching,* 35(10), 1129-1149.

Good, C. V. (1945). *Dictionary of education*. New York: McGraw Hill Book, Co, Inc.

Hake, R. R. (2002). *Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on mathematics and spatial visualization.* Paper presented at the Physics education research conference.

Harlen, W. (2012). Inquiry in Science Education, Background resources for implementing inquiry in science and mathematics at school. *The Fibonacci Project. Lokaliseret d,* 5, 13.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24): Springer.

Heywood, D. (2002). The place of analogies in science education. *Cambridge Journal of Education,* 32(2), 233-247.

Hopkins, W. G. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics*. A new view of statistic*s,* 502, 411.

Kao, C.-y. (2014). Exploring the relationships between analogical, analytical, and creative thinking. *Thinking Skills and Creativity,* 13, 80-88.

Kao, C.-y. (2016). Analogy's straddling of analytical and creative thinking and relationships to big five factors of personality. *Thinking Skills and Creativity,* 19, 26-37.

Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of learning in science*: McGraw.

Krathwohl, D. R., & Anderson, L. W. (2009). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*: Longman.

Licato, J. (2015). *Analogical constructivism: the emergence of reasoning through analogy and action schemas.* Rensselaer Polytechnic Institute,

Marzano, R. J. (2001). Marzano, Robert J., *Designing a New Taxonomy of Educational Objectives.* Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2001.

Orgill, M., & Thomas, M. (2007). Analogies and the 5E model. *The science teacher,* 74(1), 40.

Pillay, H. (2002). *Teacher development for quality learning: The Thailand education reform project*. Brisbane: Queensland University of Technology.

Purnomo, P., Kirana, T., & Ibrahim, M. (2017). THE EFFECTIVENESS OF THE 5E's MODEL WITH ANALOGY IN PROMOTING STUDENTS'DEEP UNDERSTANDING AND

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ATTITUDES TO LEARN SCIENCE IN BIOLOGY LEARNING. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains),* 3(1), 264-268.

Richland, L. E., & Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science,* 6(2), 177-192.

Sornsakda, S., Suksringarm, P., & Singseewo, A. (2009). Effects of learning environmental education using the 7 E-learning cycle with metacognitive techniques and the teacher's hand-book approaches on learning achievement, integrated science process skills and critical thinking of mathayomsuksa 5 students with different learning achievement. *Pakistan Journal of Social Sciences,* 6(5), 297-303.

Sternberg, R. J. (1996). *Successful intelligence : how practical and creative intelligence determine success in life*. New York: Simon & Schuster.

Sund, R. B., & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching science by inquiry in the secondary school. Ohio: Charles E*: Merrill Publishing Company.

Supasorn, S., & Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice,* 16(1), 121-132.

Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of research in science teaching,* 29(6), 537-544.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1992). *Analogies in Senior High School Chemistry Textbooks: A Critical Analysis* (Research Report). Dortmund, Germany.

Treagust, D. F. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science. *Research in Science Education,* 23(1), 293-301.

Treagust, D. F. (1997). Analogies in biology education: A contentious issue. *The*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

American Biology Teacher, 59(5), 282-287.

Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education,* 9(2), 85-101.

Türk, F., Ayas, A., & Karslı, F. (2010). Effectiveness of analogy technique on students' achievement in general chemistry laboratory. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 2(2), 2717-2721.

Van Der Stuyf, R. R. (2002). Scaffolding as a teaching strategy. *Adolescent learning and development,* 52(3), 5-18.

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science & Technological Education,* 2(2), 107-125.

Zook, K. B., & Di Vesta, F. J. (1991). Instructional analogies and conceptual misrepresentations. *Journal of Educational Psychology,* 83(2), 246.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก **รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ**

ภาคผนวก ข **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ค **คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. แผนการจัดการเรียนรู้

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา	ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ ศรีประเสริฐ	อาจารย์ประจำสาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์พรลภัส เสวกะ	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา	ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ ศรีประเสริฐ	อาจารย์ประจำสาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์พรลภัส เสวกะ	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1. อาจารย์พรลภัส เสวกะ	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
3. รองศาสตราจารย์ ดร.วรวีร์ โฮเว่น	อาจารย์ประจำภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
   - 1.1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E
   - 1.2 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E
   - 1.3 Exit Slip แบบสะท้อนการใช้แนวเทียบ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
   - 2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
   - 2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชา เคมี 3	รหัสวิชา ว30228
ผู้สอน นิสิตรัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562	เวลา 100 นาที
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	วัน	

1. ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์

2. วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบของสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน
5. วิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการการแบ่งประเภทหมู่ฟังก์ชันได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. ปฏิบัติกิจกรรมเรื่องหมู่ฟังก์ชันได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. เป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง
2. เป็นผู้มีความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ในการเรียน

3. สาระสำคัญ

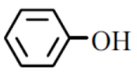
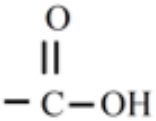
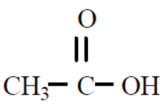
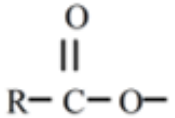
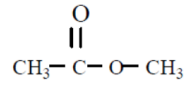
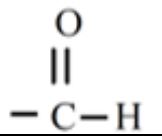
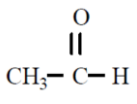
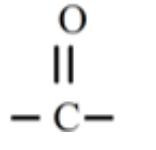
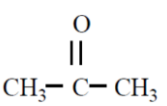
หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอม หรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เปรียบได้กับแนวเทียบมนุษย์กลายพันธุ์ที่มีลักษณะพิเศษและความสามารถเฉพาะจากมนุษย์ทั่วไป

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. เนื้อหาสาระ

1) หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอม หรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง สารอินทรีย์โดยทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นอะตอมไฮโดรคาร์บอน ส่วนหนึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งตรงตำแหน่งหมู่ฟังก์ชันแสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์นั้นและเป็นส่วนที่มีความว่องไวทางเคมี กล่าวคือ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดกับสารอินทรีย์มักจะเกิดตรงส่วนของหมู่ฟังก์ชัน จึงทำให้สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น จึงอาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างหมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันบางชนิด

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่างสารประกอบ	
			ชื่อ	สูตรโครงสร้าง
-	-	แอลเคน	มีเทน	
C=C	พันธะคู่	แอลคีน	อีเทน	$CH_2=CH_2$
C≡C	พันธะสาม	แอลไคน์	อีไทน์	$CH{\equiv}CH$
-OH	ไฮดรอกซิล	แอลกอฮอล์	เอทานอล	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$
		ฟีนอล	ฟีนอล	
-O-	แอลคอกซี	อีเทอร์	เมทอกซีมีเทน (ไดเมทิลอีเทอร์)	$CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$
	คาร์บอกซิล	กรดคาร์บอกซิลิก	กรดเอทาโนอิก (กรดแอซิติก)	
	แอลคอกซีคาร์บอนิล	เอสเทอร์	เมทิลเอทาโนเอต (เมทิลแอซิเตต)	
	คาร์บอกซาลดีไฮด์	แอลดีไฮด์	เอทานาล	
	คาร์บอนิล	คีโตน	โพรพาโนน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่างสารประกอบ	
			ชื่อ	สูตรโครงสร้าง
$-NH_2$	อะมิโน	เอมีน	เมทานามีน	CH_3-NH_2
$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	เอไมด์	เอไมด์	เมทานาไมด์	$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$

การแบ่งประเภทของสารประกอบอินทรีย์ นอกจากจะแบ่งตามชนิดของหมู่ฟังก์ชันแล้ว อาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งเรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอลกอฮอล์ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น เอมีน สารประกอบอินทรีย์ที่มีทั้งธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น เอไมด์ เป็นต้น

5. สมรรถนะ

1. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน
2. ความรับผิดชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ชิ้นงานหรือภาระงาน

1. กิจกรรมกลุ่มเรื่องหมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร
2. แบบฝึกหัด
3. แผนผังสรุปหมู่ฟังก์ชัน

8. ขั้นก่อนการจัดการเรียนรู้สำหรับครู (FOCUS: ขั้นมุ่งเน้น)

1. ครูวิเคราะห์มโนทัศน์และใช้แนวเทียบที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ โดยแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการใช้แนวเทียบกับมโนทัศน์หลัก

หมู่ฟังก์ชันปะทะเหล่ามนุษย์กลายพันธุ์	
มโนทัศน์ (Target)	**แนวเทียบ (Analog)**
1. หมู่ฟังก์ชัน	1. มนุษย์กลายพันธุ์ในเรื่อง X-men

2. ครูนำแนวเทียบนี้ไปใช้ประกอบการสอนกับขั้นการสอนของวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อไป

9. ขั้นการจัดการเรียนรู้ (ACTION: ขั้นปฏิบัติ)

<u>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 10 นาที</u>

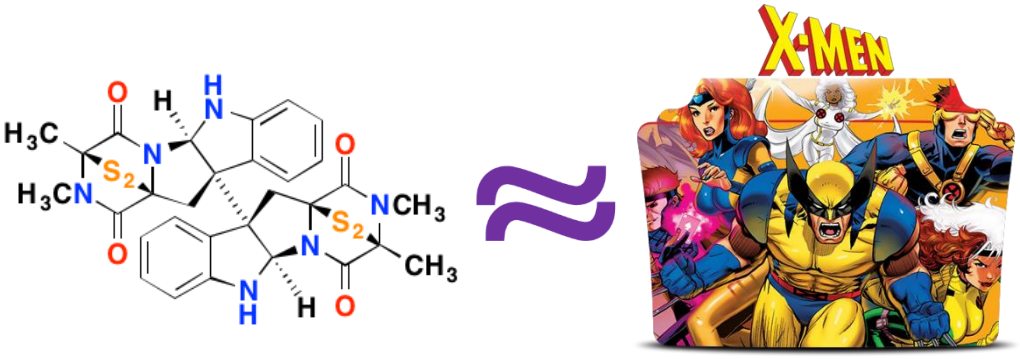
1. ครูแสดงภาพเรื่องมนุษย์กลายพันธุ์จากภาพยนตร์เรื่อง X-Men ซึ่งมีลักษณะและความสามารถพิเศษเหนือมนุษย์ทั่วไป และใช้คำถามชวนนักเรียนคิดดังนี้

1.1 มนุษย์กลายพันธุ์เหมือนหรือแตกต่างจากมนุษย์ธรรมดาอย่างไร **(เหมือนที่ภายนอกยังคงความเป็นมนุษย์ธรรมดาทั่วไป แต่มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้นจากมนุษย์ธรรมดา เนื่องจากเป็นวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะทางพันธุกรรม อวัยวะพิเศษ ยีนส์เปลี่ยนแปลงไป)**

มนุษย์ธรรมดา **มนุษย์กลายพันธุ์**

2. ครูชวนนักเรียนคิดว่าสารอินทรีย์ก็มีความคล้ายกับความเป็นมนุษย์และมนุษย์กลายพันธุ์ เนื่องจากสารอินทรีย์มีทั้งสารที่มีสมบัติทั่วไปและสารที่มีสมบัติเพิ่มเติมพิเศษกว่าสารทั่วไปที่เรียกว่า หมู่ฟังก์ชัน

สารอินทรีย์ **มนุษย์ธรรมดา**



สารอินทรีย์ **มนุษย์กลายพันธุ์**

3. ครูชวนนักเรียนคิดว่าหมู่ฟังก์ชันคืออะไร โดยให้นักเรียนศึกษาในขั้นสำรวจและค้นหา

<u>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 30 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 “หมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร” เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ตอนที่ 1 วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้คุณสมบัติแตกต่างจากเดิม ใช้เวลา 30 นาที และตอนที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติการละลายน้ำของสารที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกัน ใช้เวลา 10 นาที รายละเอียดดังในใบกิจกรรม

2. กิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 1 ก่อนนักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ครูชวนนักเรียนคิดเกี่ยวกับมนุษย์กลายพันธุ์ว่าเกิดจากอะไร ด้วยการแสดงภาพตัวอย่างดังนี้

ร่างมนุษย์ **อวัยวะ** **ร่างมนุษย์กลายพันธุ์ที่มีความสามารถพิเศษ**

นักเรียนทราบแล้วว่ามนุษย์กลายพันธุ์เกิดจากเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของมนุษย์รูปแบบหนึ่งที่ทำให้มนุษย์มีอวัยวะหรือความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้น ครูชวนนักเรียนคิดว่าถ้ามองภายนอกก็จะไม่ทราบว่าเป็นมนุษย์กลายพันธุ์เพราะมีลักษณะภายนอกเหมือนกับมนุษย์ธรรมดา แต่ถ้าเห็นอวัยวะพิเศษหรือความสามารถพิเศษที่แสดงลักษณะเฉพาะขึ้นมาก็จะทราบว่าเป็นมนุษย์กลายพันธุ์ ดังภาพตัวอย่าง

Logan **(ร่างมนุษย์ธรรมดา)** + Claw **(อวัยวะพิเศษ)** = Wolverine **(ร่างมนุษย์กลายพันธุ์)**

3. ครูกล่าวเชื่อมโยงว่าสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันก็มีแนวคิดเช่นเดียวกับมนุษย์กลายพันธุ์ และแสดงตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันดังนี้

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> แสดงสารอินทรีย์ที่มีแค่อะตอมของ C และ H เรียกสารประกอบ Hydrocarbon ที่เป็นพันธะเดี่ยว (Single Bond) เรียกว่า Alkane เมื่อรวมกับหมู่ฟังก์ชันพันธะคู่ Double Bond แล้วจะได้สารประกอบใหม่คือ สารประกอบ Alkene ที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล

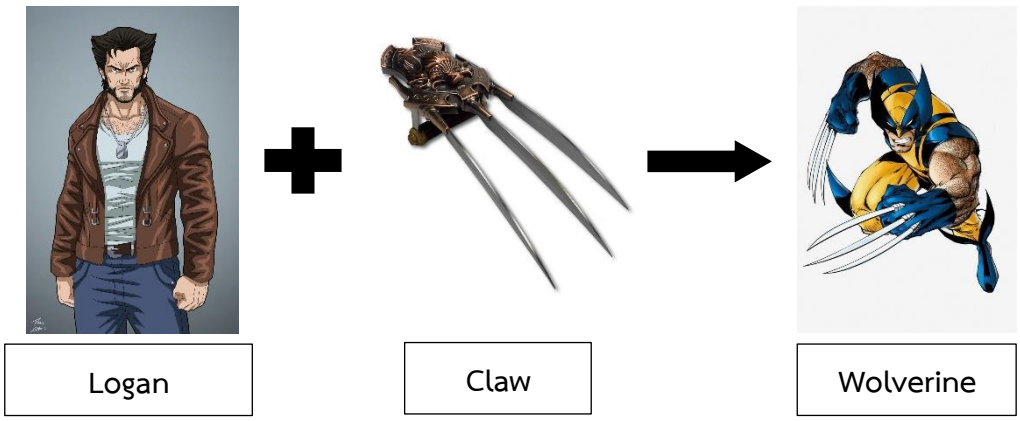
<u>ตัวอย่างที่ 2</u> แสดงสารอินทรีย์ที่เป็น Alkane เมื่อรวมกับหมู่ฟังก์ชัน Hydroxy แล้วจะได้สารประกอบใหม่คือ สารประกอบ Alcohol ที่มี -OH อยู่ในโมเลกุล

4. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 1 โดยใช้แนวเทียบข้างต้นในการช่วยนักเรียนวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน

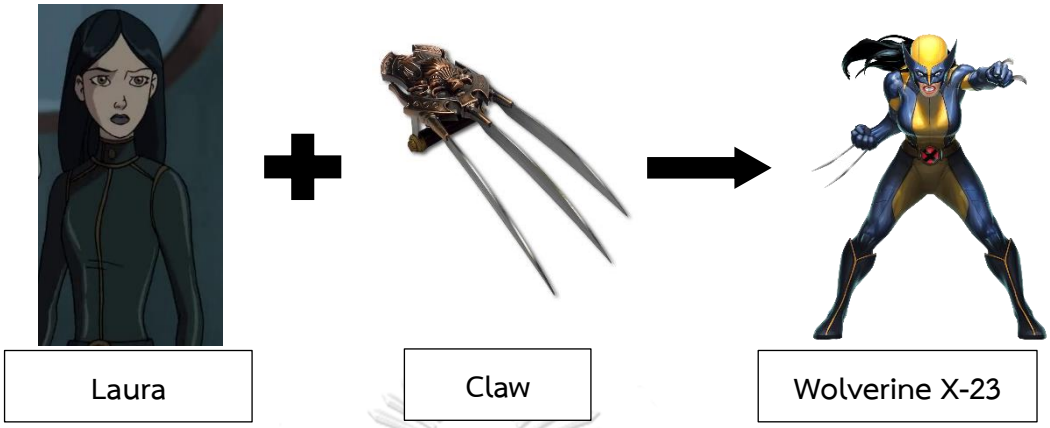
5. ครูเฉลยโดยการสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำกิจกรรมที่ 4 ตอนที่ 1

6. กิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 2 ก่อนนักเรียนเริ่มทำกิจกรรมครูกล่าวเชื่อมโยงว่าสารอินทรีย์ที่มีกลุ่มอะตอมชนิดเดียวกันคล้ายกับมนุษย์กลายพันธุ์ที่มีความสามารถเหมือนกันแต่เป็นคนละชนิดกัน เช่น

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> โลแกนเป็นมนุษย์กลายพันธุ์มีความพิเศษคือมีกรงเล็บแบบหมาป่า โดยมีร่างมนุษย์ทั่วไปร่วมกับอวัยวะพิเศษกรงเล็บแบบโลหะ จึงมีร่างกลายพันธุ์ที่เรียกว่า Wolverine



<u>ตัวอย่างที่ 2</u> ลอร่าเป็นกลายพันธุ์มีความพิเศษคือมีกรงเล็บแบบหมาป่า โดยมีร่างมนุษย์ทั่วไป ร่วมกับอวัยวะพิเศษกรงเล็บแบบโลหะ จึงมีร่างกลายพันธุ์ที่เรียกว่า Wolverine X-23



สังเกตเห็นได้ว่าถึงมีจะมีอวัยวะพิเศษเป็นกรงเล็บหมาป่าที่เหมือนกัน แต่เป็นมนุษย์กลายพันธุ์คนละชนิดกัน เพราะแตกต่างตั้งแต่เป็นมนุษย์คนละคนกัน และให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของธาตุองค์ประกอบ พันธะ และสมบัติการละลายน้ำของสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกัน

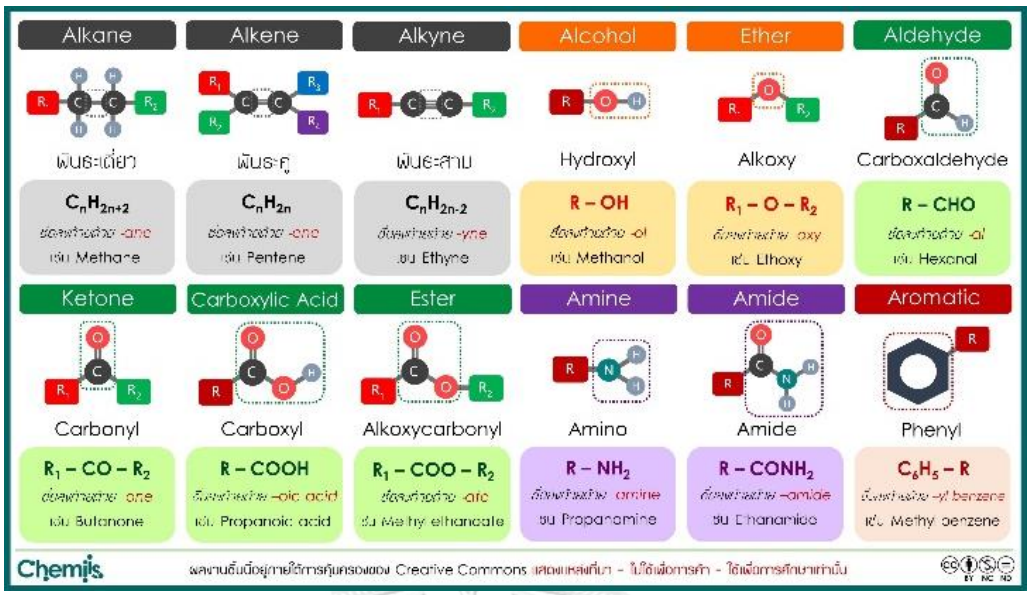
7. ครูเฉลยโดยการสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำกิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 2

<u>ขั้นการอธิบาย (Explanation) 30 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนอธิบายและสรุปความหมายของหมู่ฟังก์ชัน และครูตรวจสอบการอธิบายเพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น **(นักเรียนอาจสรุปได้ว่า หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์แต่ละชนิด)**

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทของหมู่ฟังก์ชัน ชื่อของสารประกอบและชื่อหมู่ฟังก์ชัน โดยนอกเหนือจากสารประกอบแอลเคนขึ้นไปนับว่าเป็นหมู่ฟังก์ชัน และตำแหน่งฟังก์ชันแต่ละประเภทอยู่ตำแหน่งใดบ้าง ศึกษาได้จากภาพดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสรุปเพิ่มเติมว่าสารอินทรีย์จะต้องมีส่วนที่เป็น Hydrocarbon ที่โมเลกุลและสารอินทรีย์ใดที่มีหมู่ฟังก์ชัน ดังนั้นในโมเลกุลสารอินทรีย์จะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น Hydrocarbon และส่วนที่เป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งส่วนที่เป็น Hydrocarbon สามารถที่จะเป็นได้ทั้ง Alkane, Alkene, Alkyne, Aromatic

4. ครูตรวจสอบความรู้โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์ หลักการและสรุปเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้คำถามดังนี้

4.1 สรุปหลักการสำคัญของหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะ **(หมู่ฟังก์ชันเป็นกลุ่มอะตอมของธาตุที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากสารประกอบ Hydrocarbon เดิมจึง และแต่ละหมู่ฟังก์ชันมีกลุ่มอะตอมต่างกัน จึงแสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์)**

4.2 ถ้าเป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันชนิดเดียวกัน เช่น หมู่คาร์บอกซิล -COOH สารทุกชนิดจะต้องมีคุณสมบัติเช่นเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด **(ไม่จำเป็น เพราะต้องพิจารณาในส่วนของสารประกอบ Hydrocarbon ที่ต่อกับหมู่ฟังก์ชันด้วยว่าเหมือนกันหรือไม่ ถ้าหมู่ฟังก์ชันเหมือนแต่ส่วนของสารประกอบ Hydrocarbon แตกต่าง)**

4.3 ถ้าเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สามารถพิจารณาได้อย่างไร **(พิจารณาจากธาตุองค์ประกอบ 2 ส่วน ส่วนแรกหมู่ฟังก์ชัน ส่วนที่สองสายโซ่ C นอกจากนั้นพิจารณาพันธะ)**

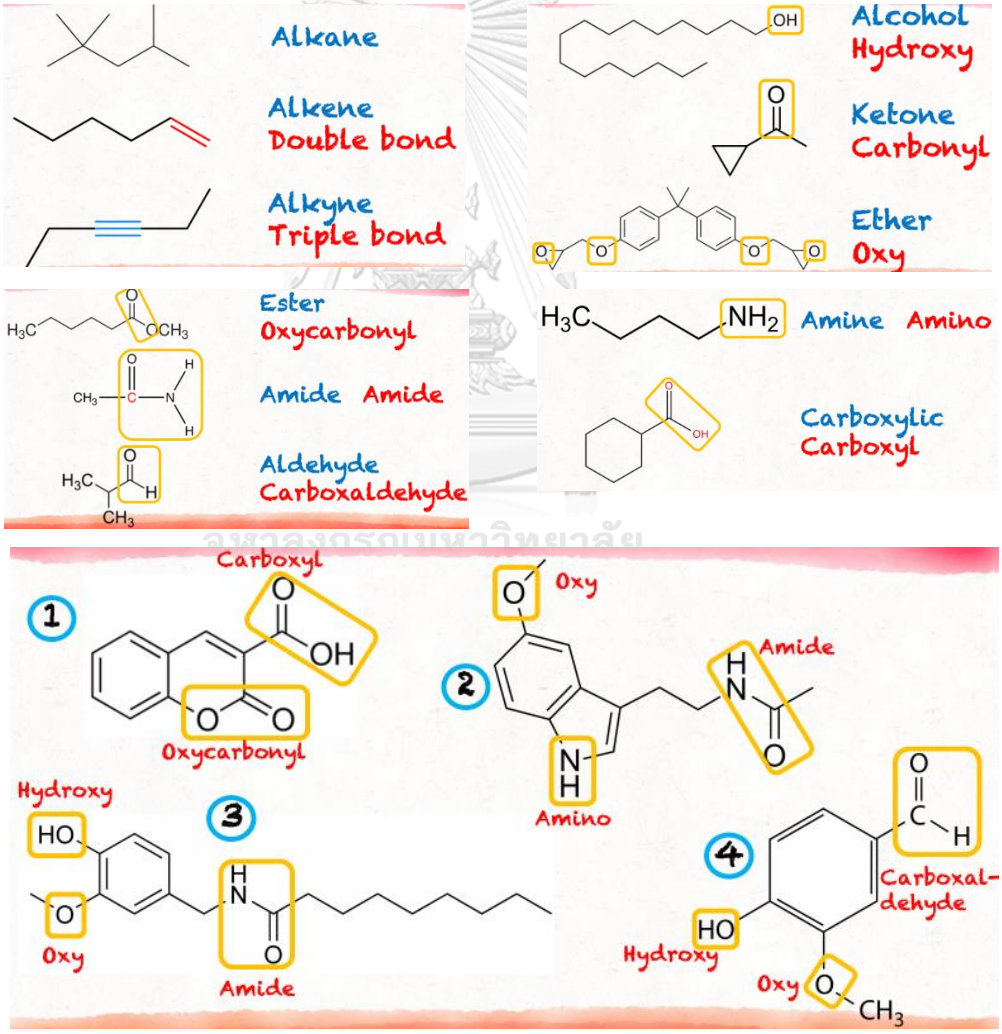
5. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ความเหมือนและความต่างระหว่างแนวเทียบที่ครูยกตัวอย่างกับมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชัน และตรวจสอบการอธิบายเพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น **(นักเรียนอาจตอบได้ดังตารางที่ 3)**

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความเหมือนและความต่างระหว่างแนวเทียบกับมโนทัศน์

มโนทัศน์ (Target)	แนวเทียบ (Analog)	ความเหมือน	ความต่าง
หมู่ฟังก์ชัน	มนุษย์กลายพันธุ์ เรื่อง X-men	มีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้น	หมู่ฟังก์ชันไม่ได้กลายพันธุ์แต่เป็นอนุพันธุ์ของสารประกอบ Hydrocarbon เป็นต้น

<u>ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) 15 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนเล่นเกมตอบคำถามว่าสารอินทรีย์ที่ครูกำหนดให้เป็นหมู่ฟังก์ชันใด พร้อมชื่อสารประกอบ ตั้งแต่โมเลกุลง่ายค่อย ๆ เป็นโมเลกุลที่ซับซ้อน



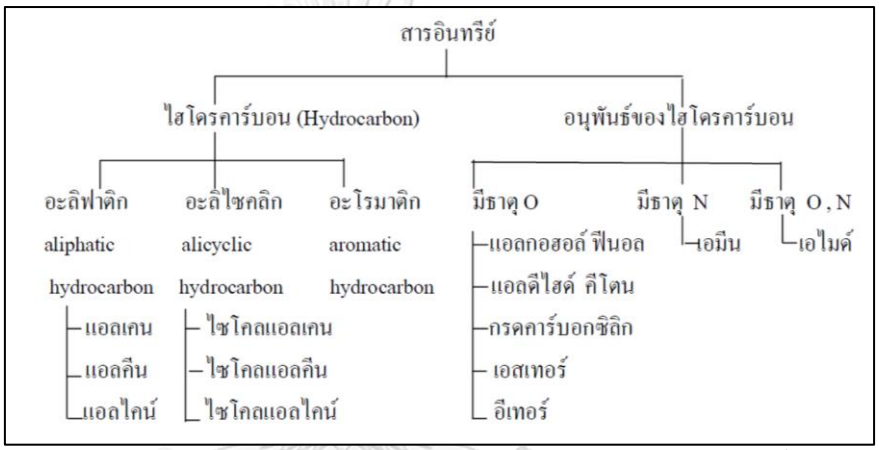
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดชุดที่ 2 เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในการระบุหมู่ฟังก์ชันของนักเรียนแต่ละคน

3. ครูให้นักเรียนทุกคนสร้างแนวเทียบขึ้นใหม่ที่มีลักษณะคล้ายกับมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้คำถามว่า

3.1 นักเรียนคิดว่ามีแนวเทียบอื่นอีกหรือไม่ที่มีลักษณะคล้ายกับหลักการของหมู่ฟังก์ชัน และครูตรวจสอบนักเรียนเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น **(นักเรียนอาจตอบว่ามี เช่น เกมส์ที่จะต้องมีการสะสมไอเทมเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันในแต่ละไอเทม คล้ายกับแต่ละหมู่ฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน)**

<u>ขั้นการประเมินผล (Evaluation) 15 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนทั้งห้องช่วยกันสรุปผังมโนทัศน์การจำแนกตามธาตุองค์ประกอบ



2. ครูประเมินผลการวิเคราะห์ของนักเรียนจากการถามตอบและกิจกรรมที่ใช้ในแต่ละขั้นการสอน

3. ครูให้นักเรียนเขียน Exit Slip เป็นการเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน

3.1 การใช้แนวเทียบช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

3.2 นักเรียนจงยกตัวอย่างแนวเทียบอื่น ๆ ที่สามารถใช้กับเรื่องหมู่ฟังก์ชัน มาอย่างน้อย 1 แนวเทียบ

3.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่อยากบอกครู

10. ขั้นหลังจัดการเรียนรู้สำหรับครู (REFLECTION: ขั้นสะท้อน)

1. จากที่ครูให้นักเรียนเขียนสะท้อนการใช้แนวเทียบประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน ครูนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ว่าแนวเทียบที่ครูเลือกใช้มีประสิทธิภาพช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นหรือไม่ นักเรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ และหลักการระหว่างแนวเทียบกับมโนทัศน์ทางเคมีได้หรือไม่ นักเรียนได้ประโยชน์จากจากแนวเทียบมากกว่าผลเสียหรือไม่ และนำไปปรับปรุงการสอนที่ใช้แนวเทียบในคาบต่อ ๆ ไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

11. สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนรายวิชาเคมี
2. สื่อการนำเสนอประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน
3. เอกสารประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน
4. กิจกรรมเรื่อง หมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร

12. การวัดและประเมินผล

12.1 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ (Knowledge)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมดจึงจะผ่านเกณฑ์
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมดจึงจะผ่านเกณฑ์
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์	การตอบคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมดจึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบของสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างกับเหตุการณ์ใน	การตอบคำถามในชั้นเรียน	ทักษะการคิดวิเคราะห์	การถามคำถามในชั้นเรียน	นักเรียนตอบคำ ถามได้ถูกต้องร้อยละ 75 จากคำถามทั้งหมดจึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
ชีวิตประจำวัน				
5. วิเคราะห์องค์ประกอบความสัมพันธ์หลักการการแบ่งประเภทหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน การทำแบบฝึกหัด การทำสรุปแผนผัง	ทักษะการคิดวิเคราะห์	การถามคำถามในชั้นเรียน แบบฝึกหัด แผนผัง	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 75 จากคำถามทั้งหมดจึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำสรุปแผนผังได้ถูกต้องร้อยละ 100 จึงจะผ่านเกณฑ์

12.2 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
1. ปฏิบัติกิจกรรมเรื่องหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน และการทำกิจกรรม	ความรู้/ความเข้าใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์	การถามคำถามในชั้นเรียน และใบกิจกรรม	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้ 1 คะแนน=ต้องปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12.3 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
ความรับผิดชอบ	1 การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนรายบุคคล 2 การส่งงานที่ได้รับมอบหมาย	1 เข้าเรียนตรงเวลา 2 ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	1.แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะ	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้ 1 คะแนน=ต้องปรับปรุง
ความสนใจใฝ่เรียนรู้	การสังเกตพฤติกรรม	มีความกระตือรือร้น	แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะ	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้ 1 คะแนน=ต้องปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน (เปอร์เซ็นต์)	**ระดับคุณภาพ**
16-20 (80-100เปอร์เซ็นต์)	**ดีมาก**
11-15 (55-75เปอร์เซ็นต์)	**ดี**
6-10 (30-50เปอร์เซ็นต์)	**พอใจ**
1-5 (5-25เปอร์เซ็นต์)	**ปรับปรุง**

แบบประเมินการทำกิจกรรม

ชื่อวิชา เคมี **ชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง **วัน/เดือน/ปี**.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สิ่งที่ต้องการวัด/ระดับคะแนน			
		ทักษะการปฏิบัติกิจกรรม			
		4	**3**	**2**	**1**

เกณฑ์การให้คะแนน

4 คะแนน = ดี 3 คะแนน = ปานกลาง 2 คะแนน = พอใช้ 1 คะแนน = ต้องปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ชื่อวิชา เคมี **ชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง **วัน/เดือน/ปี**.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	**ชื่อ-สกุล**	**สิ่งที่ต้องการวัด/ระดับคะแนน**							
		ความรับผิดชอบ				**ความใฝ่เรียนรู้**			
		4	**3**	**2**	**1**	**4**	**3**	**2**	**1**

เกณฑ์การให้คะแนน

4 คะแนน = ดี 3 คะแนน = ปานกลาง 2 คะแนน = พอใช้ 1 คะแนน = ต้องปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้วงจรการเรียนรู้ 5E

เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชา เคมี 3	รหัสวิชา ว30228
ผู้สอน นิสิตรัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562	เวลา 100 นาที
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	วัน	

1. ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์

2. วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์
4. วิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการการแบ่งประเภทหมู่ฟังก์ชันได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. ปฏิบัติกิจกรรมเรื่องหมู่ฟังก์ชันได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. เป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง
2. เป็นผู้มีความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ในการเรียน

3. สาระสำคัญ

หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอม หรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง

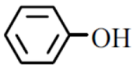
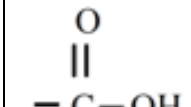
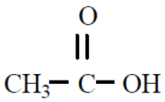
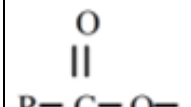
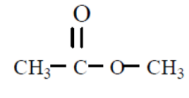
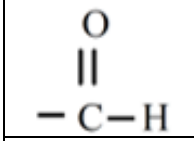
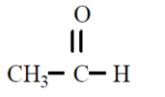
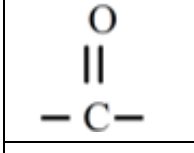
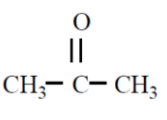
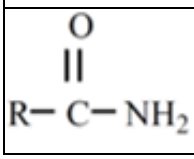
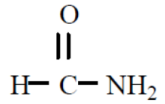
4. เนื้อหาสาระ

1) หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอม หรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง สารอินทรีย์โดยทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นอะตอมไฮโดรคาร์บอน ส่วนหนึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งตรงตำแหน่งหมู่ฟังก์ชันแสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นั้นและเป็นส่วนที่มีความว่องไวทางเคมี กล่าวคือ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดกับสารอินทรีย์มักจะเกิดตรงส่วนของหมู่ฟังก์ชัน จึงทำให้สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น จึงอาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างหมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันบางชนิด

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่างสารประกอบ	
			ชื่อ	สูตรโครงสร้าง
-	-	แอลเคน	มีเทน	
C=C	พันธะคู่	แอลคีน	อีเทน	$CH_2=CH_2$
C≡C	พันธะสาม	แอลไคน์	อีไทน์	$CH{\equiv}CH$
-OH	ไฮดรอกซิล	แอลกอฮอล์	เอทานอล	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$
		ฟีนอล	ฟีนอล	
-O-	แอลคอกซี	อีเทอร์	เมทอกซีมีเทน (ไดเมทิลอีเทอร์)	$CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$
	คาร์บอกซิล	กรดคาร์บอกซิลิก	กรดเอทาโนอิก (กรดแอซิติก)	
	แอลคอกซีคาร์บอนิล	เอสเทอร์	เมทิลเอทาโนเอต (เมทิลแอซิเตต)	
	คาร์บอกซาลดีไฮด์	แอลดีไฮด์	เอทานาล	
	คาร์บอนิล	คีโตน	โพรพาโนน	
$-NH_2$	อะมิโน	เอมีน	เมทานามีน	$CH_3\text{-}NH_2$
	เอไมด์	เอไมด์	เมทานาไมด์	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การแบ่งประเภทของสารประกอบอินทรีย์ นอกจากจะแบ่งตามชนิดของหมู่ฟังก์ชันแล้ว อาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งเรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอลกอฮอล์ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น เอมีน สารประกอบอินทรีย์ที่มีทั้งธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น เอไมด์ เป็นต้น

5. สมรรถนะ

1. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน
2. ความรับผิดชอบ

7. ชิ้นงานหรือภาระงาน

1. กิจกรรมกลุ่มเรื่อง
2. แบบฝึกหัด

8. ขั้นการจัดการเรียนรู้

<u>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 10 นาที</u>

1. ครูทบทวนนิยามของสารอินทรีย์ โดยใช้คำถามและให้นักเรียนสรุปพร้อมกัน ดังนี้

1.1 สารอินทรีย์หมายถึง **(สารที่มีองค์ประกอบของธาตุ C เป็นหลัก อาจเกิดได้จากสิ่งมีชีวิตหรือสังเคราะห์)**

1.2 สารเคมีทุกชนิดที่มี C เป็นองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์หรือไม่ เพราะเหตุใด **(ไม่ใช่ เพราะโมเลกุลของสารอินทรีย์จะต้องมีธาตุ H สร้างพันธะกับ C หรือมีหมู่ฟังก์ชัน)**

3. ครูชวนนักเรียนคิดว่าหมู่ฟังก์ชันคืออะไร โดยให้นักเรียนศึกษาในขั้นสำรวจและค้นหา

<u>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 30 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 4 “หมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร” เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ตอนที่ 1 วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้คุณสมบัติแตกต่างจากเดิม ใช้เวลา 30 นาที และตอนที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติการละลายน้ำของสารที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกัน ใช้เวลา 10 นาที รายละเอียดดังในใบกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ครูแสดงตัวอย่างความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันกับไม่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 ตัวอย่าง ดังนี้

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> แสดงสารอินทรีย์ที่มีแค่อะตอมของ C และ H เรียกสารประกอบ Hydrocarbon ที่เป็นพันธะเดี่ยว (Single Bond) เรียกว่า Alkane เมื่อรวมกับหมู่ฟังก์ชันพันธะคู่ Double Bond แล้วจะได้สารประกอบใหม่คือ สารประกอบ Alkene ที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> แสดงสารอินทรีย์ที่เป็น Alkane เมื่อรวมกับหมู่ฟังก์ชัน Hydroxy แล้วจะได้สารประกอบใหม่คือ สารประกอบ Alcohol ที่มี -OH อยู่ในโมเลกุล

4. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 1 พร้อมเฉลยโดยการสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำกิจกรรม

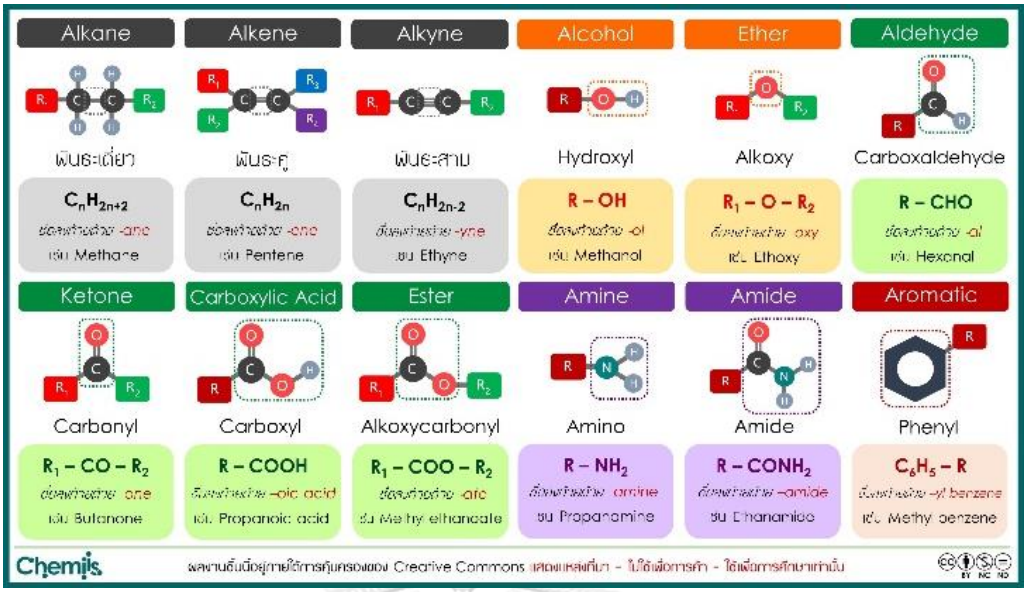
5. ครูชวนนักเรียนคิดว่าถ้าสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกันแต่จำนวนของ C อะตอมและประเภทของพันธะแตกต่างกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันหรือไม่ โดยให้นักเรียนค้นหาคำตอบในกิจกรรมที่ 3 ตอนที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ขั้นการอธิบาย (Explanation) 30 นาที</u>

1. ครูให้นักเรียนอธิบายและสรุปความหมายของหมู่ฟังก์ชัน และครูตรวจสอบการอธิบายเพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น **(นักเรียนอาจสรุปได้ว่า หมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์แต่ละชนิด)**

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทของหมู่ฟังก์ชัน ชื่อของสารประกอบและชื่อหมู่ฟังก์ชัน โดยนอกเหนือจากสารประกอบแอลเคนขึ้นไปนับว่าเป็นหมู่ฟังก์ชัน และตำแหน่งฟังก์ชันแต่ละประเภทอยู่ตำแหน่งใดบ้าง ศึกษาได้จากภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงประเภทของหมู่ฟังก์ชัน ชื่อหมู่ฟังก์ชัน ชื่อสารประกอบ และสัญลักษณ์ของสูตรเคมีของสารอินทรีย์

3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสรุปเพิ่มเติมว่าสารอินทรีย์จะต้องมีส่วนที่เป็น Hydrocarbon ที่โมเลกุลและสารอินทรีย์ใดที่มีหมู่ฟังก์ชัน ดังนั้นในโมเลกุลสารอินทรีย์จะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น Hydrocarbon และส่วนที่เป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งส่วนที่เป็น Hydrocarbon สามารถที่จะเป็นได้ทั้ง Alkane, Alkene, Alkyne, Aromatic

4. ครูตรวจสอบความรู้โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์ หลักการและสรุปเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้คำถามดังนี้

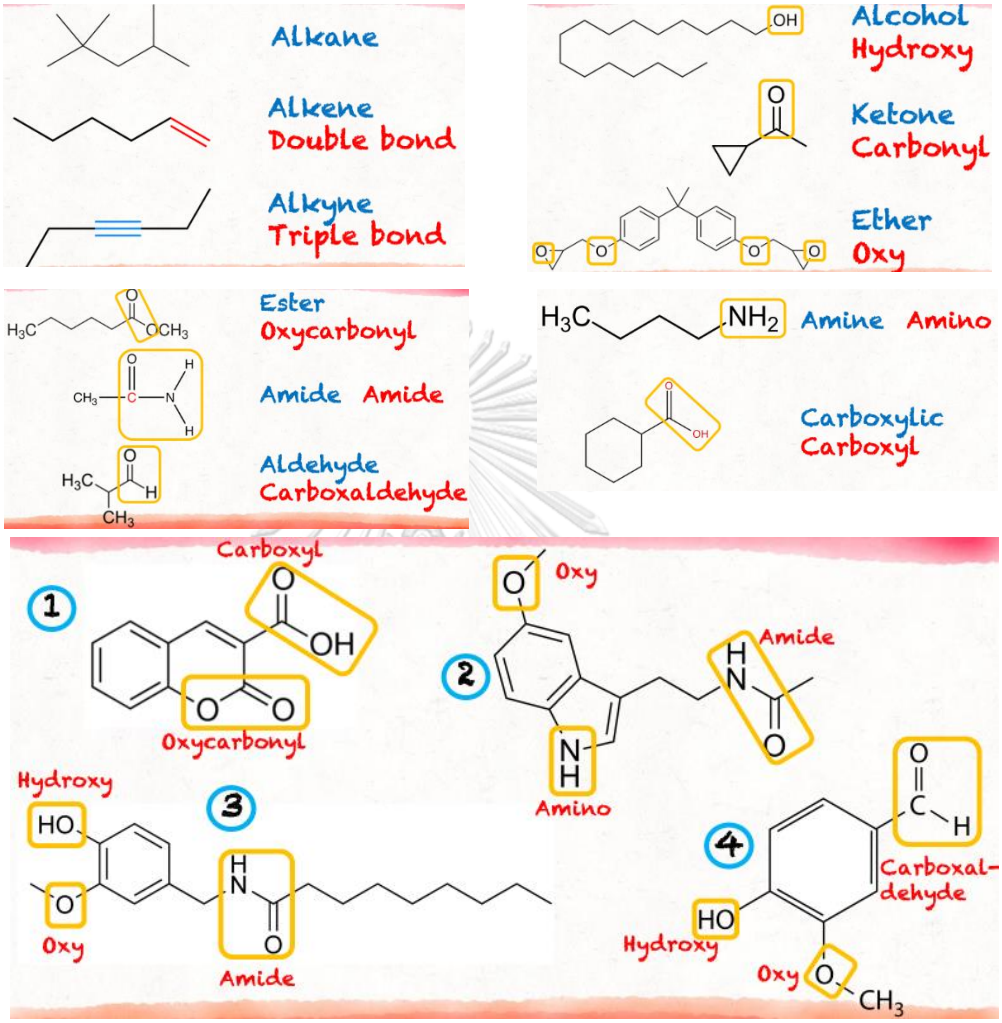
4.1 สรุปหลักการสำคัญของหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะ **(หมู่ฟังก์ชันเป็นกลุ่มอะตอมของธาตุที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากสารประกอบ Hydrocarbon เดิมจึง และแต่ละหมู่ฟังก์ชันมีกลุ่มอะตอมต่างกัน จึงแสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์)**

4.2 ถ้าเป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันชนิดเดียวกัน เช่น หมู่คาร์บอกซิล -COOH สารทุกชนิดจะต้องมีคุณสมบัติเช่นเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด **(ไม่จำเป็น เพราะต้องพิจารณาในส่วนของสารประกอบ Hydrocarbon ที่ต่อกับหมู่ฟังก์ชันด้วยว่าเหมือนกันหรือไม่ ถ้าหมู่ฟังก์ชันเหมือนแต่ส่วนของสารประกอบ Hydrocarbon แตกต่าง)**

4.3 ถ้าเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สามารถพิจารณาได้อย่างไร **(พิจารณาจากธาตุองค์ประกอบ 2 ส่วน ส่วนแรกหมู่ฟังก์ชัน ส่วนที่สองสายโซ่ C นอกจากนั้นพิจารณาพันธะ)**

ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) 10 นาที

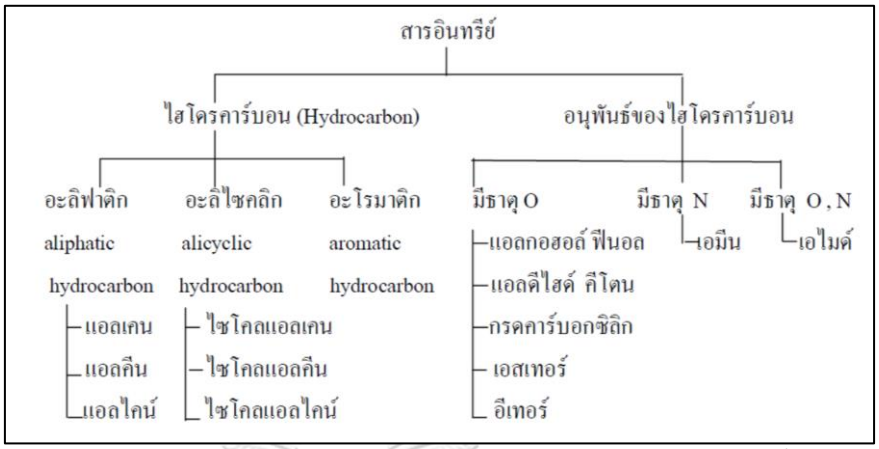
1. ครูให้นักเรียนเล่นเกมตอบคำถามว่าสารอินทรีย์ที่ครูกำหนดให้เป็นหมู่ฟังก์ชันใด พร้อมชื่อสารประกอบ ตั้งแต่โมเลกุลง่ายค่อย ๆ เป็นโมเลกุลที่ซับซ้อน



2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดชุดที่ 2 เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในการระบุหมู่ฟังก์ชันของนักเรียนแต่ละคน

ขั้นการประเมินผล (Evaluation) 20 นาที

1. ครูให้นักเรียนทั้งห้องช่วยกันสรุปผังมโนทัศน์การจำแนกตามธาตุองค์ประกอบ



2. ครูประเมินผลการวิเคราะห์ของนักเรียนจากการถามตอบและกิจกรรมที่ใช้ในแต่ละขั้นการสอน

9. สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนรายวิชาเคมี
2. สื่อการนำเสนอประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน
3. เอกสารประกอบการสอนเรื่องหมู่ฟังก์ชัน
4. กิจกรรมเรื่องหมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร

10. การวัดและประเมินผล

10.1 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ (Knowledge)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมด จึงจะผ่านเกณฑ์
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียนแบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมด จึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์	การตอบคำถามในชั้นเรียน แบบฝึกหัด	ความรู้/ความเข้าใจ	การถามคำถามในชั้นเรียน แบบฝึกหัด	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 จากคำถามทั้งหมด จึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์
4. วิเคราะห์องค์ประกอบความสัมพันธ์หลักการการแบ่งประเภทหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน การทำแบบฝึกหัด การทำสรุปแผนผัง	ทักษะการคิดวิเคราะห์	การถามคำถามในชั้นเรียน แบบฝึกหัด แผนผัง	นักเรียนตอบคำ ถามได้ถูกต้องร้อยละ 75 จากคำถามทั้งหมด จึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำแบบ ฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์ นักเรียนทำสรุปแผนผังได้ถูกต้องร้อยละ 100 จึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10.2 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
1. ปฏิบัติกิจกรรมเรื่องหมู่ฟังก์ชันได้	การตอบคำถามในชั้นเรียน และการทำกิจกรรม	ความรู้/ความเข้าใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์	การถามคำถามในชั้นเรียนและใบกิจกรรม	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไป ถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
				1 คะแนน=ต้องปรับปรุง

10.3 การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

ผู้ประเมิน : ☑ ครู ☐ นักเรียน ☐ เพื่อน ☐ ผู้ปกครอง

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีการวัดผล	ประเด็นที่ประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
ความรับผิดชอบ	1 การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนรายบุคคล 2 การส่งงานที่ได้รับมอบหมาย	1 เข้าเรียนตรงเวลา 2 ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	1.แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะ	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้ 1 คะแนน=ต้องปรับปรุง
ความสนใจใฝ่เรียนรู้	การสังเกตพฤติกรรม	มีความกระตือรือร้น	แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะ	นักเรียนได้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถือว่าผ่าน 4 คะแนน=ดี 3 คะแนน=ปานกลาง 2 คะแนน=พอใช้ 1 คะแนน=ต้องปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน (เปอร์เซ็นต์)	**ระดับคุณภาพ**
16-20 (80-100เปอร์เซ็นต์)	**ดีมาก**
11-15 (55-75เปอร์เซ็นต์)	**ดี**
6-10 (30-50เปอร์เซ็นต์)	**พอใจ**
1-5 (5-25เปอร์เซ็นต์)	**ปรับปรุง**

แบบประเมินการทำกิจกรรม

ชื่อวิชา เคมี **ชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง **วัน/เดือน/ปี**.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สิ่งที่ต้องการวัด/ระดับคะแนน			
		ทักษะการปฏิบัติกิจกรรม			
		4	3	2	1

เกณฑ์การให้คะแนน

4 คะแนน = ดี 3 คะแนน = ปานกลาง 2 คะแนน = พอใช้ 1 คะแนน = ต้องปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ชื่อวิชา เคมี **ชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง **วัน/เดือน/ปี**.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	**ชื่อ-สกุล**	**สิ่งที่ต้องการวัด/ระดับคะแนน**							
		ความรับผิดชอบ				**ความใฝ่เรียนรู้**			
		4	3	2	1	4	3	2	1

เกณฑ์การให้คะแนน

4 คะแนน = ดี 3 คะแนน = ปานกลาง 2 คะแนน = พอใช้ 1 คะแนน = ต้องปรับปรุง

ใบกิจกรรม

กิจกรรมที่ 3 หมู่ฟังก์ชันพิเศษอย่างไร

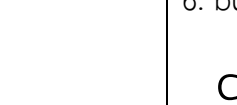
ห้อง	

ชื่อ-นามสกุล.....**วันที่**___/___/_____.

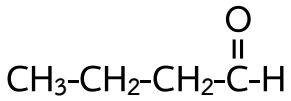
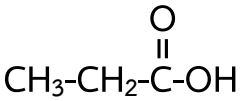
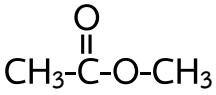
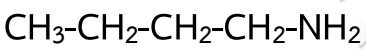
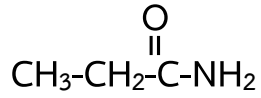
<u>คำชี้แจง</u> กิจกรรมที่ 3 มีทั้งหมด 3 ตอน

ตอนที่ 1 กำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตความแตกต่างของธาตุองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ทั้ง 12 ตัวอย่าง เพื่อค้นหากลุ่มอะตอมที่ทำให้คุณสมบัติการละลายน้ำเปลี่ยนแปลงไป ดังต่อไปนี้

1. จงวงกลมล้อมรอบกลุ่มอะตอมหรือพันธะที่แตกต่างจากบิวเทน ในข้อที่ 2-11
2. จงทำเครื่องหมาย ✓ระบุคุณสมบัติความมีขั้ว ชนิดของแรงระหว่างโมเลกุล และความสามารถในการละลายน้ำได้ของสารอินทรีย์ ในข้อที่ 2-11

สารอินทรีย์	ขั้วพันธะ	ขั้วโมเลกุล	แรงระหว่างโมเลกุล			การละลายน้ำ
			H-bond	Dipole	London	
1. butane						
2. butene						
3. butyne						
4. butanol						
5. ethoxyethane						
6. butanone 						

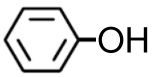
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาร อินทรีย์	ขั้ว พันธะ	ขั้ว โมเลกุล	แรงระหว่างโมเลกุล			การ ละลาย น้ำ
			H-bond	Dipole	London	
7. butanal 						
8. propanoic acid 						
9. methyl ethanoate 						
10. butanamine 						
11. propanamide 						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปความหมายของ หมู่ฟังก์ชันคือ.....

ตอนที่ 2 กำหนดให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของธาตุองค์ประกอบ พันธะ และสมบัติการละลายน้ำของโมเลกุลสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน -OH เหมือนกันทั้ง 4 ตัวอย่าง ได้แก่

1. CH_3-CH_2-OH
2. $CH=CH_2-OH$
3. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
4. 

.....

.....

.....

ตัวอย่าง Exit Slip แบบสะท้อนการใช้แนวเทียบ

เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน

1. การเปรียบเทียบด้วย มนุษย์กลายพันธุ์ X-men ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่อง "หมู่ฟังก์ชัน" ง่ายขึ้นหรือไม่ อย่างไร?

2. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเปรียบเทียบอื่น ๆ ในชีวิตประจำวันนอกจาก มนุษย์กลายพันธุ์ X-men กับเรื่องของหมู่ฟังก์ชัน มาอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง

3. ข้อเสนอแนะที่อยากบอกครูเพิ่มเติม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ฉบับก่อนเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ตอน รวม 17 ข้อ คะแนนเต็ม 17 คะแนน จำนวน 10 หน้า

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ใช้เวลาในการสอบทั้งสิ้น 30 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ห้องเรียน และเลขที่ ให้ชัดเจนลงในกระดาษคำตอบ

4. ใช้ปากกาในการทำแบบวัดและห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้

5. ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท X ให้ตรงกับข้อและตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเครื่องหมาย ──ทับตัวเลือกตัวเลือกดังกล่าวและกากบาทในช่องตัวเลือกใหม่

เลือกคำตอบเพียง 1 ตัวเลือก ***เมื่อต้องการเปลี่ยนคำตอบ***

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
	A	B	C	D		A	B	C	D
	1	2	3	4		1	2	3	4
1		X			1	X	~~X~~		
2			X		2		X	~~X~~	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. คำถามในแต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว ถ้าตอบเกิน 1 คำตอบหรือไม่ตอบนักเรียนจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น

7. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบให้ผู้คุมสอบเมื่อหมดเวลา

ตอนที่ 1 จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อที่ 1-5

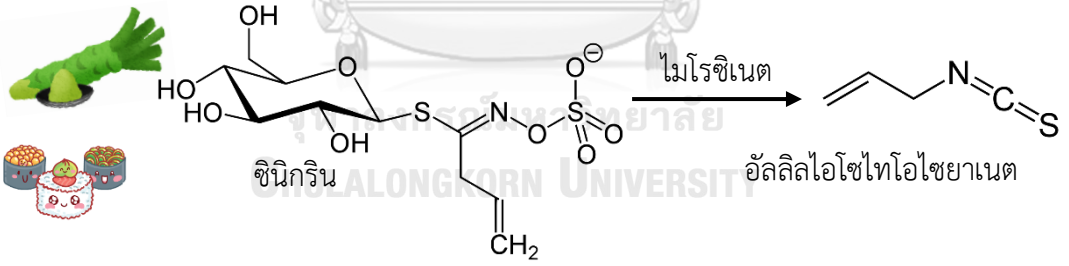
สารประกอบอินทรีย์ที่เก็บกลิ่นของวาซาบิ

1. จุดกำเนิดกลิ่นหอมของวาซาบิ

ซาชิมิหรือซูชิที่ไม่มีโชยุและวาซาบินั้น ความอร่อยอาจหายไปครึ่งหนึ่งก็ว่าได้ โดยการลิ้มรสชาติวาซาบิต้นตำรับจะต้องฝนวาซาบิสดที่โต๊ะอาหารใส่ในภาชนะเล็ก ๆ ปิดฝาไว้สัก 2-3 นาที แม้จะยุ่งยากแต่เป็นความอร่อยสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางเคมี เพราะกลิ่นของวาซาบิเป็นสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต เกิดจากสารที่อยู่ในเซลล์ของวาซาบิมีชื่อว่า ซินิกริน ผสมกับ เอนไซม์ไมโรซิเนสที่ อยู่ในเซลล์อื่นของวาซาบิ การทำให้สารทั้งสองชนิดผสมกันจะต้องทำให้เซลล์ละเอียด ดังนั้น การฝนวาซาบิให้ละเอียดจึงเป็นสิ่งสำคัญ เมื่อฝาเสร็จพักทิ้งไว้สักครู่จะเกิดการย่อยโดยเอนไซม์ยิ่งปิดฝาภาชนะก็จะทำให้อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนตไม่ระเหยหายไปไหน

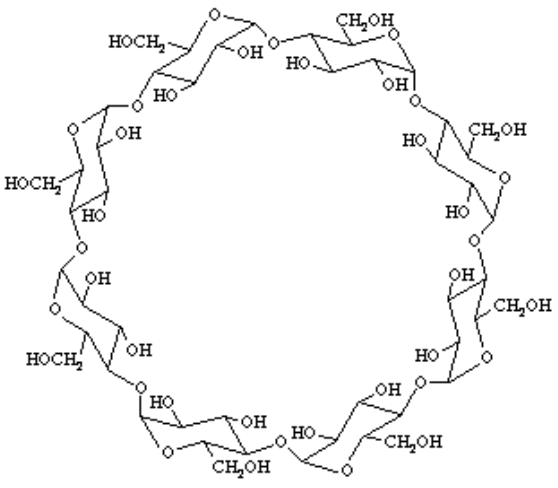
2. วาซาบิกับซูปราโมเลกุล

การฝนวาซาบิที่โต๊ะอาหารถือเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาพอสมควร จึงทำให้มีวาซาบิแบบสำเร็จรูปเกิดขึ้น วาซาบิสำเร็จรูปโดยทั่วไปนั้นมีสารไซโคลเดกซ์ทริน ซึ่งเป็นน้ำตาลกลูโครส 6-8 โมเลกุลเชื่อมต่อกัน มีลักษณะคล้ายกับถ้วยที่ข้างในมีอัลลิลไอโซไทโอไซยาเนตอยู่ เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า ซูปราโมเลกุล ลักษณะเช่นนี้ทำให้อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนตที่ระเหยง่าย สลายตัวง่าย หลุดออกจากถ้วยได้ยาก จึงระเหยออกไปยาก และเมื่ออยู่ในถ้วยก็เหมือนกับได้รับการป้องกัน ทำให้ถูกโจมตีได้ยาก สลายยากนั่นเอง

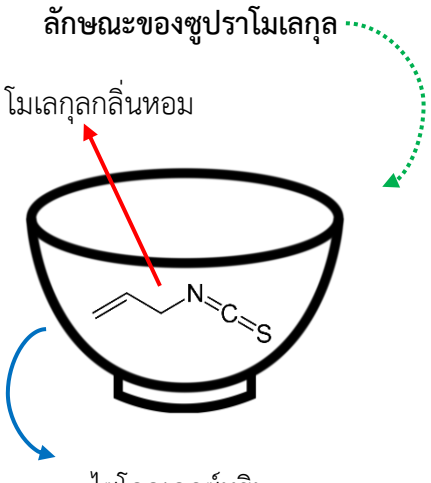


ซินิกริน

อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต



ไซโคลเดกซ์ทริน



ไซโคลเดกซ์ทริน

1. สารชนิดใด**ไม่มีผล**ต่อการทำให้เกิดกลิ่นของวาซาบิ

ก. ซินิกริน

ข. ไมโรซิเนส

ค. ไซโคลเดกซ์ทริน

ง. อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต

2. ข้อใดเปรียบเทียบหลักการการทำงานของซูปราโมเลกุลกับสิ่งรอบตัวได้เหมาะสมที่สุด

ก. ลูกบอล

ข. แคปซูลยา

ค. ยานพาหนะขนส่งของ

ง. ตู้เซฟเก็บของอย่างมิดชิด

3. นักวิทยาศาสตร์การอาหารผลิตวาซาบิสำเร็จรูปแต่ยังมีกลิ่น รส เหมือนวาซาบิสดใหม่ ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรสร้างบรรจุภัณฑ์อาหาร นักเรียนจะออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างไรให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของนักวิทยาศาสตร์การอาหารได้มากที่สุด และลดปริมาณขยะต่อสิ่งแวดล้อม

ก. ผลิตภัณฑ์แบบซองฉีกใช้ครั้งเดียว

ก. ผลิตภัณฑ์แบบกระปุก

ค. ผลิตภัณฑ์แบบบรรจุหลอด

ง. ผลิตภัณฑ์แบบซองซิปล็อคปากกว้าง

4. เพราะเหตุใดผู้เขียนจึงแนะนำการผลิตวาซาบิในรูปซูปราโมเลกุล

ก. เพราะซูปราโมเลกุลช่วยเพิ่มกลิ่นอัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต

ข. เพราะซูปราโมเลกุลมีโครงสร้างเป็นแบบวงง่ายต่อการย่อย

ค. เพราะซูปราโมเลกุลทำให้อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนตระเหยได้ยาก

ง. เพราะซูปราโมเลกุลมีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่เป็นการลดต้นทุนวาซาบิ

5. ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของซูปราโมเลกุล

ก. ช่วยกระจายกลิ่นของวาซาบิ

ข. โครงสร้างซับซ้อนทำลายยาก

ค. ช่วยลำเลียงอัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต

ง. ป้องกันการระเหยของอัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ฉบับหลังเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ตอน รวม 15 ข้อ คะแนนเต็ม 15 คะแนน จำนวน 10 หน้า

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับบนี้ใช้เวลาในการสอบทั้งสิ้น 30 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ห้องเรียน และเลขที่ ให้ชัดเจนลงในกระดาษคำตอบ

4. ใช้ปากกาในการทำแบบวัดและห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้

5. ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท X ให้ตรงกับข้อและตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเครื่องหมาย ═ ทับตัวเลือกตัวเลือกดังกล่าวและกากบาทในช่องตัวเลือกใหม่

เลือกคำตอบเพียง 1 ตัวเลือก ***เมื่อต้องการเปลี่ยนคำตอบ***

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
	A	B	C	D		A	B	C	D
	1	2	3	4		1	2	3	4
1		X			1	X	═X═		
2			X		2		X	═X═	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

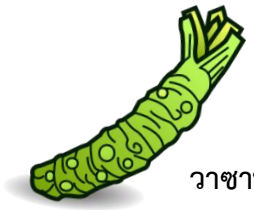
6. คำถามในแต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว ถ้าตอบเกิน 1 คำตอบหรือไม่ตอบนักเรียนจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น

7. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบให้ผู้คุมสอบเมื่อหมดเวลา

ตอนที่ 1 จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อที่ 1-3

วิทย์ของวาซาบิ

1. คุณสมบัติของวาซาบิ



วาซาบิ

วาซาบิเป็นสมุนไพรดั้งเดิมของประเทศญี่ปุ่น เป็นพืชตระกูลกระหล่ำที่ต้องการความชื้นสูง ลำต้นสามารถนำมาบดเป็นเครื่องปรุงรสจะได้รสชาติที่เผ็ดร้อน มีกลิ่นฉุนขึ้นจมูก วาซาบิสดที่บดแล้วจะคงสภาพรสชาติได้ประมาณ 15 นาที

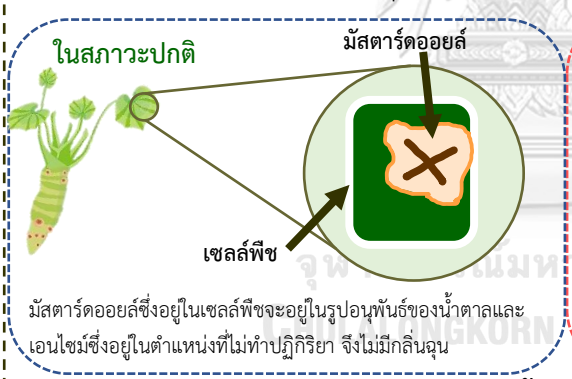
วาซาบิราคาแพงมากเมื่อเทียบกับพืชกลิ่นฉุนอื่น ๆ เช่น ฮอร์สแรดิชและมัสตาร์ด เพราะวาซาบิปลูกค่อนข้างยาก

ฮอร์สแรดิช

มัสตาร์ด

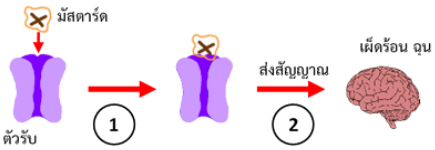
2. เคมีของวาซาบิ

วาซาบิมีชื่อสารเคมีว่า อัลลิลไอโซไทโอไซยาเนต หรือมัสตาร์ดออยล์ ที่ทำให้กลิ่นฉุนเพื่อป้องกันตัวจากแมลงและสัตว์ต่าง ๆ



3. ทำไมทานวาซาบิแล้วจึงมีรสชาติเผ็ดร้อนขึ้นจมูก

มัสตาร์ดออยล์ในวาซาบิจะทำปฏิกิริยากับตัวรับสัญญาณที่มีชื่อว่า TRPA1 ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งในร่างกาย ดังภาพ



1 มัสตาร์ดออยล์ในวาซาบิที่ทานจะไปจับกับตัวรับ TRPA1 บนเซลล์ประสาทในช่องปากและโพรงจมูกและกระตุ้นให้เกิดการทำงาน

2 ตัวรับ TRPA1 ที่ถูกกระตุ้น จะส่งสัญญาณไปยังสมอง ทำให้เรารับรู้รสชาติเผ็ดร้อนและกลิ่นฉุนขึ้นจมูกอันเป็น “เอกลักษณ์ของวาซาบิ”

เพิ่มเติม: วาซาบิส่วนมากที่วางจำหน่ายเป็นวาซาบิเทียมเพื่อทดแทนวาซาบิสดที่มีราคาสูง โดยทำมาจากการผสมกันของมัสตาร์ด ฮอร์สแรดิช แป้ง และสีผสมอาหาร

1. ข้อใด**ไม่มีผล**ต่อการเกิดกลิ่นของวาซาบิที่ฝนแล้ว **(วิเคราะห์องค์ประกอบ)**

ก. แมลงกินพืช

ข. มัสตาร์ดออยล์

ค. โปรตีนตัวรับ TRPA 1

ง. เอนไซม์ในเซลล์ของวาซาบิ

2. ทำไมคนที่ทานวาซาบิแท้ที่ฝนสดใหม่จากถ้วยเดียวกัน ถึงได้มีความรู้สึกฉุนและเผ็ดร้อนแตกต่างกัน เช่น คนหนึ่งรู้สึกฉุนมาก อีกคนหนึ่งรู้สึกฉุนน้อย **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

ก. เพราะมีวิธีการกินวาซาบิที่แตกต่างกัน

ข. เพราะมีปริมาณสารมัสตาร์ดออยล์ต่างกัน

ค. เพราะแต่ละคนมีโปรตีนตัวรับ TRPA 1 ไม่เท่ากัน

ง. เพราะแต่ละคนมีเอนไซม์ในร่างกายที่ใช้ย่อยวาซาบิแตกต่างกัน

3. ทำไมตามร้านอาหารญี่ปุ่นถึงนิยมเสิร์ฟวาซาบิแบบฝน ไม่นิยมเสิร์ฟวาซาบิแบบแผ่น **(วิเคราะห์หลักการ)**

ก. เพราะวาซาบิแบบฝนจะช่วยทำให้ละลายในโชยุได้ดีกว่าวาซาบิแบบแผ่น

ข. เพราะวาซาบิแบบฝนจะช่วยให้ปลาดิบเกาะกับข้าวปั้นได้แน่นกว่าแบบแผ่น

ค. เพราะการฝนวาซาบิจะทำให้เก็บรักษากลิ่นฉุนและรสชาติวาซาบิได้ดีกว่าการหั่นเป็นแผ่น

ง. เพราะการฝนวาซาบิจะทำให้เซลล์ถูกทำลาย ได้มัสตาร์ดออยล์ที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุน รสชาติเผ็ดร้อน

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีฉบับนี้มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน จำนวน 15 หน้า

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีฉบับนี้ใช้เวลาในการสอบทั้งสิ้น 30 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ห้องเรียน และเลขที่ ให้ชัดเจนลงในกระดาษคำตอบ

4. ใช้ปากกาในการทำแบบทดสอบและห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้

5. ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท X ให้ตรงกับข้อและตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเครื่องหมาย ~~X~~ ทับตัวเลือกตัวเลือกดังกล่าวและกากบาทในช่องตัวเลือกใหม่

เลือกคำตอบเพียง 1 ตัวเลือก ***เมื่อต้องการเปลี่ยนคำตอบ***

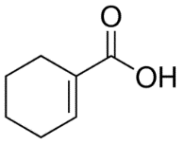
ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
	A	B	C	D		A	B	C	D
	1	2	3	4		1	2	3	4
1		X			1	X	~~X~~		
2			X		2		X	~~X~~	

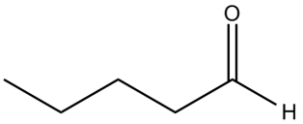
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

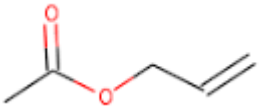
6. คำถามในแต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว ถ้าตอบเกิน 1 คำตอบหรือไม่ตอบนักเรียนจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น

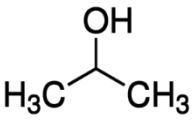
7. ให้นักเรียนส่งแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้ผู้คุมสอบเมื่อหมดเวลา

5. สารอินทรีย์ใดต่อไปนี้มีหมู่ฟังก์ชันแอลคอกซีคาร์บอนิล

ก. 

ข. 

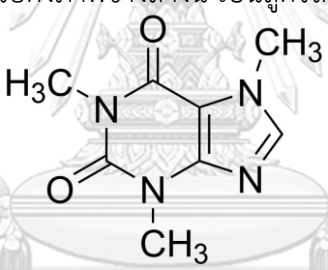
ค. 

ง. 

องค์ประกอบ: ความเข้าใจ (ความเข้าใจในการแปลความหมายมโนทัศน์ในรูปแบบหนึ่งเป็นรูปแบบอื่น)

ผลการเรียนรู้: ข้อ 5 ระบุประเภทของสารอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์

8. สูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์ดังภาพข้างล่างนี้ เป็นสูตรโครงสร้างแบบใด



ก. แบบย่อ

ข. แบบลิวอิส

ค. แบบผสม

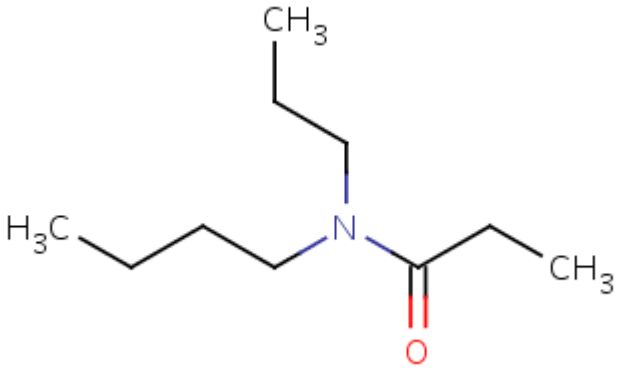
ง. แบบเส้นและมุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบ: ความรู้ (ความรู้เกี่ยวกับการจัดจำพวก ประเภท และเกณฑ์ต่าง ๆ)

ผลการเรียนรู้: ข้อ 3 เขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้

17. จากโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่กำหนดให้ มีชื่อในระบบ IUPAC ว่าอย่างไร



ก. N,N-dipropyl butanamide

ข. N-propyl heptanamide

ค. N,N-dibutyl propenamide

ง. N-butyl-N-propyl propenamide

องค์ประกอบ: การนำไปใช้ (การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน)
ผลการเรียนรู้: ข้อ 8 เรียกชื่อสารประกอบประเภทต่าง ๆ ได้

18. ครูให้นักเรียนทดลองนำสาร X และ Y มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต และถามว่า X กับ Y สารใดเป็นคาร์บอกซิลิก นักเรียนจะต้องสังเกตจากสิ่งใดและตรวจสอบความถูกต้องอย่างไร

ก. กลิ่นของสารมีการเปลี่ยนแปลง และตรวจสอบว่ามีกลิ่นเปรี้ยวที่เกิดจากกรด

ข. สังเกตการตกตะกอน และตรวจสอบว่าตะกอนที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น

ค. สังเกตการเปลี่ยนสีของสาร และตรวจสอบว่าสารที่ได้มีการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีแดง

ง. สังเกตการเกิดแก๊ส และตรวจสอบว่าเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใสแล้วเกิดตะกอนสีขาวขุ่น

องค์ประกอบ: กระบวนการ (การสังเกตและทดสอบ)
ผลการเรียนรู้: ข้อ 6 บอกประเภทของสารประกอบโดยใช้พันธะ สมบัติ ปฏิกิริยาบางประการ

ภาคผนวก ค
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นำเสนอคุณภาพเครื่องมือได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้

1.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

1.2 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.3 ค่าความเที่ยง (KR21) และค่าคู่ขนานทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3.3 ค่าความเที่ยง (KR21) ทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

ตารางที่ 19 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (ตามลำดับแผน)							
	1	2	3	4	5	6	7	สรุป
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้								
1.1 องค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบ ประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. วัตถุประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. เนื้อหาสาระ								
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 เนื้อหาสาระครบถ้วนและถูกต้อง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4. กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสอดคล้องกับกลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E								
4.3.1 ขั้นมุ่งเน้น FOCUS	0.67	0.67	0.67	1.00	1.00	1.00	0.67	0.81

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (ตามลำดับแผน)							
	1	2	3	4	5	6	7	สรุป
4.3.2 ขั้นปฏิบัติ ACTION								
4.3.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ	1.00	0.67	0.67	0.67	1.00	1.00	1.00	0.86
4.3.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
4.3.2.3 ขั้นการอธิบาย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3.2.4 ขั้นการขยายความรู้	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
4.3.2.5 ขั้นการประเมินผล	0.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
4.3.3 ขั้นสะท้อน REFLECTION	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
4.4 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.33
5. สื่อการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. การประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

จากการประเมินความสอดคล้องทั้ง 7 แผน ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไข ดังนี้ ขั้นวัตถุประสงค์ ปรับย้ายวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับคิดวิเคราะห์จากด้านทักษะกระบวนการมาอยู่ในด้านความรู้ ขั้นมุ่งเน้นที่ครูสร้างแนวเทียบเองทดลองใช้แล้วพบว่านักเรียนรู้จักแนวเทียบที่ยกตัวอย่าง จึงไม่ต้องปรับแก้ ขั้นการประเมิน ผู้วิจัยได้เพิ่มกิจกรรมประเมินนักเรียนมากกว่า Exit slip เช่น ถามตอบ เกม kahoot แบบทดสอบ และกิจกรรมกลุ่ม เช่น โพสอิทไอโซเมอร์ และเรื่องเวลาหลังจากผู้วิจัยทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้พบว่าเวลาเป็นไปตามแผนไม่ต้องปรับเวลาใหม่

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E

ตารางที่ 20 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E

รายการประเมิน	**ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (ตามลำดับแผน)**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**สรุป**
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้								
1.1 องค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบ ประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. วัตถุประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. เนื้อหาสาระ								
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 เนื้อหาสาระครบถ้วนและถูกต้อง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4. กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (ตามลำดับแผน)							
	1	2	3	4	5	6	7	สรุป
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสอดคล้องกับวงจรการเรียนรู้ 5E								
4.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ	0.67	0.67	0.67	1.00	1.00	1.00	0.33	0.76
4.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3.3 ขั้นการอธิบาย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3.4 ขั้นการขยายความรู้	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
4.3.5 ขั้นการประเมินผล	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.4 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
5. สื่อการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. การประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

จากการประเมินความสอดคล้องทั้ง 7 แผน ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไข ดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ ปรับโดยการตั้งประเด็นที่จะเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การการเชื่อมโยงในขั้นถัดไป ขั้นขยายความรู้ปรับโดยเพิ่มกิจกรรมนอกเหนือจากแบบฝึกหัด เช่น วิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน และเรื่องเวลาหลังจากผู้วิจัยทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้พบว่าเวลาเป็นไปตามแผนไม่ต้องปรับเวลาใหม่

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 21 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ **(ฉบับก่อนเรียน)**

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องของข้อคำถามกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้านที่ต้องการวัด			
	ผู้ทรงคุณวุฒิ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ 3	สรุป
ตอนที่ 1 สารประกอบอินทรีย์ที่เก็บกลิ่นของวาซาบิ				
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	+1	1.00
2. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	1.00
3. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	0	0.67
ตอนที่ 2 ความสุขจากช็อคโกแลต				
4. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	1.00
5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	0	+1	+1	0.67
6. วิเคราะห์หลักการ	0	+1	+1	0.67
ตอนที่ 3 สารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายในครีมผิวขาว				
7. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	1.00
8. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	+1	1.00
9. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	+1	1.00
ตอนที่ 4 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเคมีของกาแฟ				
10. วิเคราะห์องค์ประกอบ	0	+1	+1	0.67
11. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	+1	1.00
12. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	+1	1.00
ตอนที่ 5 ประโยชน์จากสารอินทรีย์ของผักชีที่มีดีกว่าแค่โรยหน้า				
13. วิเคราะห์องค์ประกอบ	-1	+1	+1	0.50
14. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	0	+1	0.67
15. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	+1	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 22 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ **(ฉบับหลังเรียน)**

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องของข้อคำถามกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้านที่ต้องการวัด			
	ผู้ทรงคุณวุฒิ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ 3	สรุป
ตอนที่ 1 วิทย์ของวาซาบิ				
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	0	+1	**0.67**
2. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	**1.00**
3. วิเคราะห์หลักการ	0	+1	+1	**0.67**
ตอนที่ 2 กัญชาน่ารู้				
4. วิเคราะห์องค์ประกอบ	0	+1	+1	**0.67**
5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	0	+1	+1	**0.67**
6. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	0	**0.67**
ตอนที่ 3 สารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายในครีมผิวขาว				
7. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	**1.00**
8. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	0	**0.67**
9. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	0	**0.67**
ตอนที่ 4 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเคมีของกาแฟ				
10. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	**1.00**
11. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	0	**0.67**
12. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	+1	**1.00**
ตอนที่ 5 ประโยชน์จากสารอินทรีย์ของผักชีที่มีดีกว่าแค่โรยหน้า				
13. วิเคราะห์องค์ประกอบ	+1	+1	+1	**1.00**
14. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	+1	+1	+1	**1.00**
15. วิเคราะห์หลักการ	+1	+1	+1	**1.00**

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของ
แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 23 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ข้อ	แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์			
	ฉบับก่อนเรียน		ฉบับหลังเรียน	
	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
1	0.80	0.40	0.40	0.30
2	0.60	0.80	0.60	0.80
3	0.70	0.60	0.40	0.80
4	0.70	0.40	0.20	0.20
5	0.65	0.70	0.20	0.40
6	0.50	0.60	0.60	0.90
7	0.45	0.90	0.50	0.90
8	0.70	0.60	0.50	1.00
9	0.70	0.60	0.70	0.70
10	0.55	0.90	0.50	0.70
11	0.35	0.50	0.40	0.80
12	0.50	0.60	0.20	0.20
13	0.65	0.70	0.50	0.40
14	0.35	0.50	0.60	0.90
15	0.45	0.70	0.50	0.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าความเที่ยง (KR21) และค่าคู่ขนานทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 24 ค่าความเที่ยง (KR21) และค่าคู่ขนานทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์	ค่าความเที่ยง	
	Kuder-Richardson (KR21)	แบบคู่ขนาน
ฉบับก่อนเรียน	0.64	0.92
ฉบับหลังเรียน	0.67	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 25 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ข้อคำถาม	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ด้านที่ต้องการวัด	ความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี			
		ผู้ทรงคุณวุฒิ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ 3	สรุป
1. นิยามของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์	ความรู้	+1	+1	+1	1.00
2. โครงสร้างสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67
3. เหตุผลที่สารอินทรีย์เป็นสารเคมีที่พบได้จำนวนมาก	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
4. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์	ความรู้	+1	+1	+1	1.00
5. โครงสร้างหมู่ฟังก์ชัน	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
6. ชนิดของสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
7. ประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์	ความรู้	0	+1	+1	0.67
8. สูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์	ความรู้	+1	+1	+1	1.00
9. เขียนสูตรโครงสร้างจากสูตรโมเลกุล	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
10. สูตรโมเลกุล	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	0	+1	0.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถาม	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ด้านที่ต้องการวัด	ความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี			
		ผู้ทรงคุณวุฒิ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ 3	สรุป
11. เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67
12. สารอินทรีย์ที่**ไม่เป็น**ไอโซเมอร์กัน	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
13. กระบวนการเขียนไอโซเมอร์	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67
14. ทดสอบชนิดของสารจากสูตรโมเลกุล	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
15. อธิบาย cis/trans ไอโซเมอร์	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00
16. อ่านชื่อแบบ cis/trans จากสูตรโครงสร้าง	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
17. อ่านชื่อในระบบ IUPAC จากโครงสร้างของสารอินทรีย์	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
18. ทดสอบและสังเกตผลเพื่อระบุชนิดสารอินทรีย์	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00
19. ระบุสารตั้งต้นในการสังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
20. ระบุชนิดของสารอินทรีย์จากการทดสอบสมบัติต่าง ๆ	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00
21. อธิบายเหตุผลที่สารอินทรีย์มีสมบัติจุดเดือดและการ	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถาม	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ด้านที่ต้องการวัด	ความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี			
		ผู้ทรงคุณวุฒิ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ 3	สรุป
ละลายแตกต่างกัน					
22. เปรียบเทียบการละลายน้ำและจุดเดือดของสารอินทรีย์	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67
23. ระบุสมบัติและวิธีการแยกสารอินทรีย์ในน้ำมันดิบ	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
24. ระบุเหตุผลสารอินทรีย์ที่มีสมบัติแตกต่างกัน	ความรู้	+1	+1	+1	1.00
25. ระบุปฏิกิริยาที่เกิดจากสารอินทรีย์	ความรู้	-1	+1	+1	0.33
26. การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาจากสารอินทรีย์	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	-1	+1	+1	0.33
27. อธิบายกระบวนการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์	กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67
28. ระบุปฏิกิริยาของสารอินทรีย์	การนำความรู้และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	1.00
29. ระบุสมบัติของสารอินทรีย์	ความรู้	+1	+1	+1	1.00
30. อธิบายเหตุผลเกี่ยวกับสมบัติของสารอินทรีย์	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00

จากการประเมินผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขในข้อที่ 25 และ 26 โดยการปรับตัวเลือกให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของ
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 26 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ข้อ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี	
	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
1	0.7	0.5
2	0.7	0.3
3	0.3	0.3
4	0.5	0.7
5	0.3	0.2
6	0.4	0.2
7	0.6	0.2
8	0.3	0.3
9	0.2	0.3
10	0.6	0.5
11	0.6	0.3
12	0.4	0.6
13	0.3	0.3
14	0.3	0.3
15	0.4	0.4
16	0.2	0.2
17	0.3	0.6
18	0.2	0.3
19	0.3	0.3
20	0.5	0.3
21	0.3	0.6
22	0.2	0.2
23	0.3	0.4
24	0.3	0.5
25	0.6	0.5
26	0.4	0.6
27	0.4	0.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี	
	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
28	0.2	0.2
29	0.3	0.6
30	0.3	0.3

ค่าความเที่ยง (KR21) ทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 27 ค่าความเที่ยง (KR21) ทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี	ค่าความเที่ยง
	Kuder-Richardson (KR21)
ฉบับหลังเรียน	0.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง
วัน เดือน ปี เกิด	26 มิถุนายน 2536
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วท.บ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	1/2 ถนนโพนพิสัย ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
ผลงานตีพิมพ์	ชื่อผลงาน Effects of Using Analogy Strategy Incorporated with 5E Learning Cycle on Analytical Thinking Ability and Chemistry Learning Achievement of Upper Secondary School Students ตีพิมพ์ที่ ISET 2019 (The 7th International Conference for Science Educators and Teachers)
รางวัลที่ได้รับ	โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University