ผลการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

น.ส.วรกมล ปล้องมาก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

5983406027_1553251319

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

EFFECTS OF MODELLING-BASED TEACHING ON MODELING COMPETENCIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Worakamon Plongmak

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 2018

Copyright of Chulalongkorn University

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	น.ส.วรกมล ปล้องมาก
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะครุศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

วรกมล ปล้องมาก : ผลการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย . (EFFECTS OF MODELLING-BASED TEACHING ON MODELING COMPETENCIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร.วิภาค อนุตรศักดา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน และ (2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีการเก็บข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียน และเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง และ (2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ และสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test

ผลการวิจัยสรุปดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.21 จัดอยู่ในระดับพอใช้

คำสำคัญ: สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

5983406027 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Modeling Competencies, Modelling-based Teaching, Chemistry Learning Achievement

Worakamon Plongmak : EFFECTS OF MODELLING-BASED TEACHING ON MODELING COMPETENCIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. Advisor: SAIROONG SAOWSUPA, Ph.D. Co-advisor: Wipark Anutrasakda, Ph.D.

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

The purposes of this research were to (1) compare students' modeling competencies before and after learning through modelling-based learning and (2) study chemistry learning achievement after learning through modelling-based learning. The sample was forty-three of eleventh grade students in academic year 2018 from a special large secondary school in Bangkok, Thailand. The design of this pre-experimental research was one group pretest-posttest design. The students' modeling competencies was evaluated before and after the instruction, while students' achievement in chemistry was only evaluated after the instruction. The research instruments were (1) the modeling competencies test and (2) chemistry learning achievement test on organic chemistry. The collected data were analyzed by mean, percentage mean, standard deviation, dependent *t*-test and Wilcoxon Signed Ranks test.

The research findings were summarized as follows:

1. The levels of the modeling competencies after the experiment higher than before experiment at a .05 level of significance

2. The mean score of chemistry learning achievement was 69.21 percent, moderate level.

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากได้รับความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัย รวมทั้งคอยดูแลติดตามและให้กำลังใจในการทำงานเสมอมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งที่ได้มีโอกาสทำวิทยานิพนธ์ร่วมกับท่านอาจารย์ทั้งสอง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความเมตตา ตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านซึ่งได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม อาจารย์ ดร. เจนจิรา ปานชมพู อาจารย์สุรพร เก็งทอง และอาจารย์ดวงนภา พวงทอง ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะผู้บริหารโรงเรียนที่ให้การอนุเคราะห์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือและตั้งใจทำกิจกรรมเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ปิยมาศ ศรีสมพันธ์ และอาจารย์ประจักษ์ มิ่งทุม ครูพี่เลี้ยงเมื่อครั้งข้าพเจ้าเป็นนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ที่ได้คอยให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่าง ๆ รวมถึงเป็นแบบอย่างที่ดีในการประกอบวิชาชีพครูให้แก่ข้าพเจ้า

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าเป็นอย่างสูงที่กรุณาส่งเสริมการศึกษาและเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนทุกระดับการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกชั้นปีและเพื่อนต่างสถาบันที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ และขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้มอบทุนการศึกษาโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ตลอดระยะเวลา 2 ปี ให้แก่ข้าพเจ้า

วรกมล ปล้องมาก

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญแผนภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1

คำถามการวิจัย 4

วัตถุประสงค์การวิจัย 4

สมมติฐานการวิจัย 4

ขอบเขตการวิจัย 5

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

1. เนื้อหาสาระเคมีอินทรีย์ระดับมัธยมศึกษา 9

2. สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 9

2.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 9

2.2 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 10

2.3 ความสำคัญของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 13

2.4 ความหมายของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 13

2.5 องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 15

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2.6 แนวทางการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 25
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement) 44
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 44
3.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 44
4. การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน.....48
4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน 48
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....57
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน 57
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี.....57
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย.....59
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....60
1. รูปแบบของการวิจัย 60
2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย 61
2.1 การเลือกโรงเรียน 61
2.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย 61
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 62
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 62
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....68
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....79
4.1 การเตรียมและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง.....79
4.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง 79
4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง 82
5. การวิเคราะห์ข้อมูล.....82

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

5.1 การวิเคราะห์สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง....82
5.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี....83
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....84
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....92
บรรณานุกรม....100
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ....106
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....108
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล....137
ภาคผนวก ง กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน....167
ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล....177
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน....194
ประวัติผู้เขียน....197

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 11

ตารางที่ 2 ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในรายวิชาเคมี 12

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 23

ตารางที่ 4 ระดับของการสร้างแบบจำลอง 31

ตารางที่ 5 ระดับของการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 33

ตารางที่ 6 ระดับของการเปรียบเทียบแบบจำลอง 35

ตารางที่ 7 ระดับของการประเมินแบบจำลอง 36

ตารางที่ 8 ระดับของตรวจสอบแบบจำลองจากการเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกัน 38

ตารางที่ 9 ระดับของการการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง 39

ตารางที่ 10 ระดับธรรมชาติของแบบจำลอง 41

ตารางที่ 11 ระดับของจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง 41

ตารางที่ 12 บทบาทครูและนักเรียนตามการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน 62

ตารางที่ 13 เนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .. 64

ตารางที่ 14 แบบจำลองสำหรับการสอนและแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้าง เรื่อง เคมีอินทรีย์ 65

ตารางที่ 15 ตารางนิยามองค์ประกอบ ความหมาย และพฤติกรรมบ่งชี้ขององค์ประกอบสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 69

ตารางที่ 16 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับก่อนเรียน 71

ตารางที่ 17 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับหลังเรียน 73

ตารางที่ 18 สัดส่วนจำนวนข้อสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ 76

ตารางที่ 19 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน 77

ตารางที่ 20 ระยะเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 5 แผน 79

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 21 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน.....83

ตารางที่ 22 ค่ามัธยฐาน (Med) ระดับของสมรรถนะเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบความแตกต่างของระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนก่อนและหลังเรียน.....85

ตารางที่ 23 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย.....86

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43).....87

ตารางที่ 25 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43).....87

ตารางที่ 26 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43).....88

ตารางที่ 27 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43).....88

ตารางที่ 28 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43).....89

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าทีของกลุ่มเป้าหมายเทียบกับเกณฑ์ (One sample t-test) จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย.....90

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..90

ตารางที่ 31 จำนวนร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี....91

ตารางที่ 32 ระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง..... 152

ตารางที่ 33 ระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง..... 153

ตารางที่ 34 ระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง..... 153

ตารางที่ 35 ระดับคะแนนของธรรมชาติของแบบจำลอง..... 155

ตารางที่ 36 ระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง..... 156

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 37 ระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้ 156
ตารางที่ 38 ระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง 157
ตารางที่ 39 ระดับขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลอง..... 157
ตารางที่ 40 ข้อคำถามและคะแนนขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลอง..... 158
ตารางที่ 41 ระดับขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง 160
ตารางที่ 42 ระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง... 160
ตารางที่ 43 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน ประเด็นการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้..... 168
ตารางที่ 44 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน 178
ตารางที่ 45 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน รายข้อ 179
ตารางที่ 46 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน รายข้อ..... 180
ตารางที่ 47 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน..... 182
ตารางที่ 48 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน รายข้อ 182
ตารางที่ 49 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน รายข้อ 183
ตารางที่ 50 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน 186
ตารางที่ 51 แสดงค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 186
ตารางที่ 52 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี รายข้อ..... 188

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 15
แผนภาพที่ 2 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 17
แผนภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 19
แผนภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง 21
แผนภาพที่ 5 แผนภาพวัฏจักรการสร้างแบบจำลอง (model construction cycle) 51
แผนภาพที่ 6 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling) 53
แผนภาพที่ 7 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling) รูปแบบปรับปรุง (ที่มา: Justi and Gilbert (2002)) 54
แผนภาพที่ 8 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling v2) 55
แผนภาพที่ 9 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design) 60
แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 1 146
แผนภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 3 146
แผนภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 5 147

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในยุคสังคมแห่งความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546a) โดยวิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้าง สมบัติ และการเปลี่ยนแปลงของสสาร ทั้งในระดับมหภาค จุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ซึ่งมีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม จึงส่งผลให้ยากต่อการทำความเข้าใจในสิ่งที่ศึกษา สิ่งหนึ่งที่จะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรม ส่งผลให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นก็คือ แบบจำลอง (Acher, Arcá, & Sanmartí, 2007; Gabel, 1999) ซึ่งแบบจำลองจะทำหน้าที่เป็นสื่อกลางเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และโลกแห่งความเป็นจริง (Sikosek & Zuzelj, 2013) โดยนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่อเป็นตัวแทนในการตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์และทำนายปรากฏการณ์ รวมทั้งกำหนดทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ (Giere, 1998; Gobert et al., 2002) แบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแทนทางความคิดที่สำคัญที่สนับสนุนการให้เหตุผลและสร้างความรู้ ส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น (Justi & Gilbert, 2002)

แบบจำลองที่นำมาใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ สร้างจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งกระบวนการนี้มีประโยชน์สำหรับการสร้างความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่ศึกษา การสื่อสาร การให้เหตุผล และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) โดยการสร้างแบบจำลองต้องใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถ หรือเรียกว่า สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Maab, 2006) ซึ่งสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเป็นหนึ่งในสมรรถนะที่ต้องส่งเสริมในทุกระดับการศึกษา (Nicolaou & Constantinou, 2014) จากการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับสากลส่งผลให้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยกำหนดให้สมรรถนะการสร้างแบบจำลองเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญที่หลักสูตรต้องส่งเสริมให้เกิดกับนักเรียนเมื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังปรากฏในเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใจความว่า “นักเรียนสามารถวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหา หรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ" (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับการพิจารณาให้เป็นคุณลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์ (Gilbert, 1995 อ้างถึงใน Gobert & Buckley, 2000) ดังนั้นหากนักเรียนมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียน (Krajcik et al., 1999) สามารถประเมินความรู้ของตนเองได้จากการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากเพื่อนและครูผู้สอน อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองจนนำไปสู่การปรับแนวคิดให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Acher et al., 2007) สมรรถนะการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ และการเปรียบเทียบแบบจำลอง 2) การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย ธรรมชาติของแบบจำลอง และจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง และ 3) การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนไม่เข้าใจธรรมชาติและจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (Grosslight et al.,1991) นักเรียนบางส่วนคิดว่าแบบจำลอง คือ สิ่งที่ย่อส่วนหรือลอกเลียนแบบมาจากสิ่งที่เป็นเป้าหมาย หรือคิดว่าในการอธิบายปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งต้องใช้แบบจำลองเพียงแบบเดียวเท่านั้น นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าแบบจำลองอะตอมมีลักษณะเหมือนกับแบบจำลองลูกพลาสติก (Harrison & Treagust, 2000) จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสร้างและใช้แบบจำลองในการอธิบายแนวคิด การเกิดปรากฏการณ์หรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง นักเรียนมักมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องและประสบปัญหากับการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แม้จะนำไปใช้ในบริบทที่ใกล้เคียงกันก็ตาม (Jong et al., 2015) และในบริบทของประเทศไทย พบว่า นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ทำให้นักเรียนขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาในระดับมหภาค จุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้มีความรู้ความเข้าใจต่อเนื้อหาบทเรียนที่คลาดเคลื่อน (อารยา ควัฒน์กุล, 2558) นอกจากนี้นักเรียนยังมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับและขาดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) และยังพบว่าการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเป็นไปในรูปแบบการศึกษาองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง อาทิ Jong และคณะ ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองโดยศึกษาองค์ประกอบของการปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง ซึ่งใช้บทความการสร้างแบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาเคมี เรื่อง แก๊สในอุดมคติ พบว่า หลังจากอ่านบทความการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องแก๊สและสมรรถนะการสร้าง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แบบจำลองที่เป็นองค์ประกอบของการปฏิบัติการสร้างแบบจำลองที่ดีขึ้น (Jong et al., 2015) และ Sikosek and Zuzelj (2013) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนรู้จากแบบจำลองที่กำหนดให้ เรื่อง โครงสร้างโมเลกุล พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจะมีความเข้าใจในสิ่งที่เรียนได้ดีและยั่งยืนกว่านักเรียนที่เรียนรู้จากแบบจำลองที่กำหนดให้ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง พบว่า ส่วนใหญ่ยังขาดการศึกษาในทุก ๆ องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองโดยใช้กระบวนการหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนหนึ่ง ๆ เพื่อส่งเสริมหรือพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

โดยกระบวนการหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมหรือพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองมีอยู่หลายวิธี อาทิ การจัดการเรียนการสอนโดยมีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Teaching and Learning) (Gobert & Pallant, 2004) การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-based Teaching) (Maia & Justi, 2009) การจัดการเรียนการสอนจากการสร้างแบบจำลองผ่านคอมพิวเตอร์ (Computerized Molecular Modeling: CMM) (Dori & Kaberman, 2012) และการจัดการเรียนการสอนที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Instruction) (Bamberger & Davis, 2013) เป็นต้น โดยพบว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-based Teaching) มีทฤษฎีรากฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม เป็นการเรียนการสอนตามแนวคิดของ Gilbert and Justi (2016) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการนำกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอน ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง สนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับเพื่อนและนักเรียนกับผู้สอน ซึ่งการที่นักเรียนมีโอกาสสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนเกิดข้อโต้แย้งนำไปสู่การปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่มีอยู่เดิมให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น การสร้างแบบจำลองจึงกลายเป็นกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Maia & Justi, 2009) โดยการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกิจกรรมการสอนนี้จะช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่ศึกษา สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งเกิดความรู้ความเข้าใจดีกว่านักเรียนที่เรียนรู้จากแบบจำลองที่ครูกำหนด (Sikosek & Zuzelj, 2013) จึงน่าจะเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมหรือพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

คำถามการวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังจากที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

สมรรถนะการสร้างแบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเรื่องเคมีอินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมได้ (Acher et al., 2007) สามารถใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุมและชัดเจน (Schwarz et al., 2009) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น ดังผลการวิจัยของ Justi (2009) พบว่า การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maia and Justi (2009) พบว่า การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งช่วยส่งเสริมการสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลองในรายวิชาเคมี อีกทั้ง Gilbert and Justi (2016) ระบุว่าการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองอีกด้วย

ดังนั้นสมมติฐานการวิจัยจึงแสดงได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีสูงกว่าร้อยละ 70

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ที่มีสถานที่ตั้งแขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 43 คน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาเรื่องเคมีอินทรีย์ ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ พันธะของคาร์บอน หมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-based teaching) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยที่นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมและความรู้ที่ได้รับในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย 4 ระยะ ตามแนวคิดของ Gilbert and Justi (2016) ดังต่อไปนี้

1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Creation of a proto-model) หมายถึง การกระตุ้นความสนใจและตรวจสอบประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์และปรากฏการณ์จากการสาธิต การชมวิดีทัศน์ และการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น

2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (Expression of the proto-model → production of the model) หมายถึง การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้นร่วมกับการอภิปรายแบบจำลองแต่ละรูปแบบ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปแบบจำลองที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การสร้างแบบจำลอง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง (Test of the model) หมายถึง การตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้กิจกรรมการสืบสอบต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ลงข้อสรุปและการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

4) ระยะการประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the model) หมายถึง การนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม พร้อมทั้งการระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

2. แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของความรู้ความเข้าใจโดยมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่ออธิบายแนวคิด หลักการ หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3. สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Modeling Competencies) หมายถึง ความรู้ ทักษะ และความสามารถที่นักเรียนแสดงให้เห็นในกระบวนการสร้างแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ วัดโดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามแนวคิดของ Papaevripidou (2012) เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

3.1 การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Modeling Practices) ได้แก่

3.1.1 การสร้างแบบจำลอง (Model construction) หมายถึง การนำความรู้เดิมและความรู้ใหม่ เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาสร้างเป็นแผนภาพ สมการเคมี หรือการอธิบาย เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3.1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ (Model use) หมายถึง การอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม

3.1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Model comparison) หมายถึง การพิจารณาความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแบบจำลอง

3.2 การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling knowledge) ได้แก่

3.2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of models) หมายถึง การอธิบายลักษณะทั่วไปของแบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายแนวคิด หลักการ หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

3.2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (Purpose or utility of models) หมายถึง การอธิบายจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลองหรือประโยชน์ในการนำแบบจำลองไปใช้

3.3 การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Metacognitive knowledge about the modeling process) หมายถึง การรู้ขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสร้างแบบจำลอง ที่แต่ละบุคคลสะสมไว้ในระยะยาว

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement) หมายถึง ความสำเร็จที่เกิดขึ้นหลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ประกอบด้วย ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เรื่องเคมีอินทรีย์ จำนวน 29 ข้อ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย รายละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้านำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. เนื้อหาสาระเคมีอินทรีย์ระดับมัธยมศึกษา
2. สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Modeling Competencies)
   2.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   2.2 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   2.3 ความสำคัญของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
   2.4 ความหมายของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
   2.5 องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
   2.6 แนวทางการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement)
   3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   3.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
4. การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-based Teaching)
   4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน
   4.2 การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน
   5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1. เนื้อหาสาระเคมีอินทรีย์ระดับมัธยมศึกษา

เนื้อหาบทเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ ทีใช้ในงานวิจัยนี้ อ้างอิงจากหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เคมีเล่ม 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) โดยศึกษาความหมายของเคมีอินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส แบบย่อ แบบเส้นและมุม ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน การจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายน้ำ และปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภท แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ รวมทั้งศึกษาการทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเตรียมเอสเทอร์จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

2. สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

2.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Gilbert et al. (2000) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง

Schwarz et al. (2009) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือสำหรับรวบรวมหรือแสดงมุมมองของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลเชิงประจักษ์ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

Knuuttila and Boon (2011) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการของโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งยังมีข้อมูลและแนวคิดที่สนับสนุนความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของความรู้ความเข้าใจโดยมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่ออธิบาย แสดงแนวคิด หลักการ หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2.2 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Grosslight et al. (1991) ได้ระบุประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองที่เป็นวัตถุและตัวบุคคล (object and people) คือ การใช้บุคคลหรือวัสดุที่เป็น 3 มิติในการเป็นตัวแทน เช่น การใช้บทบาทสมมติ ของเล่น แบบจำลองทางสถาปัตยกรรม

2) แบบจำลองที่เป็นแผนภาพ (visual) คือ การใช้ภาพ 2 มิติ เช่น กราฟ แผนผัง พิมพ์เขียว แผนที่ หรือการใช้ภาพ 3 มิติ เช่น ภาพ 3 มิติที่แสดงในคอมพิวเตอร์

3) แบบจำลองที่เป็นภาษา (verbal) คือ การพูดหรือการเขียน เช่น การเรียนการสอน

4) แบบจำลองที่เป็นนามธรรม (abstract) คือ การเป็นตัวแทนแนวคิด เช่น แบบจำลองทางทฤษฎี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

Gilbert et al. (2000) ได้ระบุประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองที่เป็นวัตถุ (Concrete Mode) คือ การใช้วัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองของโมเลกุลที่ทำจากพลาสติกพอลิสไตรีน เป็นต้น

2) แบบจำลองที่เป็นภาษา (Verbal Mode) คือ การพูด การเขียนเปรียบเทียบหรืออธิบายเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นตัวแทน เช่น การพูดเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล

3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Mode) คือ การแสดงรูปแบบทางคณิตศาสตร์ รวมถึงสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น สมการของแก๊สในอุดมคติ เป็นต้น

4) แบบจำลองที่เป็นภาพ (Visual Mode) คือ กราฟ แผนผัง แผนภาพ และภาพเคลื่อนไหว เช่น แผนภาพแสดงโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

5) แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Mode) คือ การใช้ชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ สมการทางเคมี และการแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการใช้ภาษาและแผนภาพ เช่น สัญลักษณ์นิวเคลียร์ กฎอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

6) แบบจำลองแสดงการเคลื่อนไหว (Gestural Mode) คือ การใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกายเพื่อแสดงการเป็นตัวแทน เช่น นักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงการเกิดพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ เป็นต้น

จากการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษา / ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	Grosslight et al. (1991)	Gilbert et al. (2000)	สรุปโดยผู้วิจัย
แบบจำลองที่เป็นวัตถุและตัวบุคคล	√	√	√
แบบจำลองที่เป็นแผนภาพ	√	√	√
แบบจำลองที่เป็นภาษา	√	√	
แบบจำลองที่เป็นนามธรรม	√		
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์		√	√
แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์		√	
แบบจำลองแสดงการเคลื่อนไหว		√	√

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว สามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ คือ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อแสดงการเป็นตัวแทน เช่น แบบจำลองของโมเลกุล 3 มิติ

2) แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด คือ การเป็นตัวแทนแนวคิด เช่น การอธิบาย การเขียนบรรยาย รูปภาพ เช่น การเขียนบรรยายปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเอสเทอร์

3) แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ คือ การใช้ตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์แสดงการเป็นตัวแทน เช่น สมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสาร

4) แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหว คือ การใช้แบบจำลอง 3 มิติที่เคลื่อนไหวได้ เช่น แบบจำลองโมเลกุลแสดงมุมระหว่างพันธะจากโปรแกรม ChemDraw

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

โดยในการจัดการเรียนการสอน ได้นำแบบจำลองแต่ละประเภทไปใช้ในการเรียนการสอน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในรายวิชาเคมี

นักการศึกษา	ประเภทของแบบจำลอง	หัวข้อ/เนื้อหา
1. Maia and Justi (2009)	1. แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ ได้แก่ ใช้สมการเคมีเพื่อแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหว ได้แก่ แบบจำลอง 3 มิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงสูตรโครงสร้างของโมเลกุล	สมดุลเคมี
2. Mendonca and Justi (2011)	1. แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อแสดงการเป็นตัวแทนของการเกิดพันธะไอออนิก 2. แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ เพื่อแสดงโครงสร้างของพันธะไอออนิก	พันธะไอออนิก
3. Dori and Kaberman (2012)	1. แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2. แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงโครงสร้างและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารประกอบอินทรีย์	เคมีอินทรีย์
4. Jong et al. (2015)	1. แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ ได้แก่ สมการแสดงกฎของแก๊สในอุดมคติ 2. แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ การอธิบาย	กฎของแก๊สในอุดมคติ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

2.3 ความสำคัญของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งความรู้ ความสามารถ ทักษะการปฏิบัติ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Papaevripidou et al., 2014) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมได้ (Acher et al., 2007) สมรรถนะการสร้างแบบจำลองจึงเป็นหนึ่งในสมรรถนะที่ต้องส่งเสริมในทุกระดับการศึกษา (Nicolaou & Constantinou, 2014) ผู้เรียนสามารถใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุมและชัดเจน แบบจำลองจึงช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ เป็นตัวแทนในการสื่อสารความเข้าใจ อีกทั้งยังช่วยสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ การให้เหตุผล และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) นอกจากสมรรถนะการสร้างแบบจำลองจะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนแล้ว ยังสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน (Krajcik et al., 1999) ผู้เรียนสามารถวัดความรู้ของตนเองได้จากการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากผู้เรียนสร้างแบบจำลองและคำอธิบายจากแนวคิดของตนเอง ดังนั้นเมื่อได้รับข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากผู้อื่นจะทำให้รู้ข้อผิดพลาดของตนเองจนนำไปสู่การปรับแนวคิดและพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้ถูกต้องมากขึ้น (Acher et al., 2007)

สมรรถนะการสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ดีขึ้น ดังเช่นผลการวิจัยของ Dori and Kaberman (2012) พบว่า นักเรียนที่มีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองจะสามารถเชื่อมโยงความรู้ในระดับจุลภาค ระดับมหภาค และระดับความเข้าใจกระบวนการทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ดีขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Bamberger and Davis (2013) พบว่า นักเรียนที่มีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองที่ดีสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ผลการวิจัยของ Gobert and Pallant (2004) พบว่า หากนักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้เข้าใจเนื้อหาจากบทเรียนได้ดีขึ้น

2.4 ความหมายของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

Jong et al. (2015) กล่าวว่า สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ทักษะในการคิด ซึ่งจะต้องแสดงให้เห็นในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

Maab (2006) กล่าวว่า สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ความรู้ ทักษะ และความสามารถในการดำเนินการตามขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง โดยต้องดำเนินการอย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมาย

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

Papaevripidou et al. (2014) กล่าวว่า สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งความสามารถ ทักษะ การปฏิบัติ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่นำมาใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง

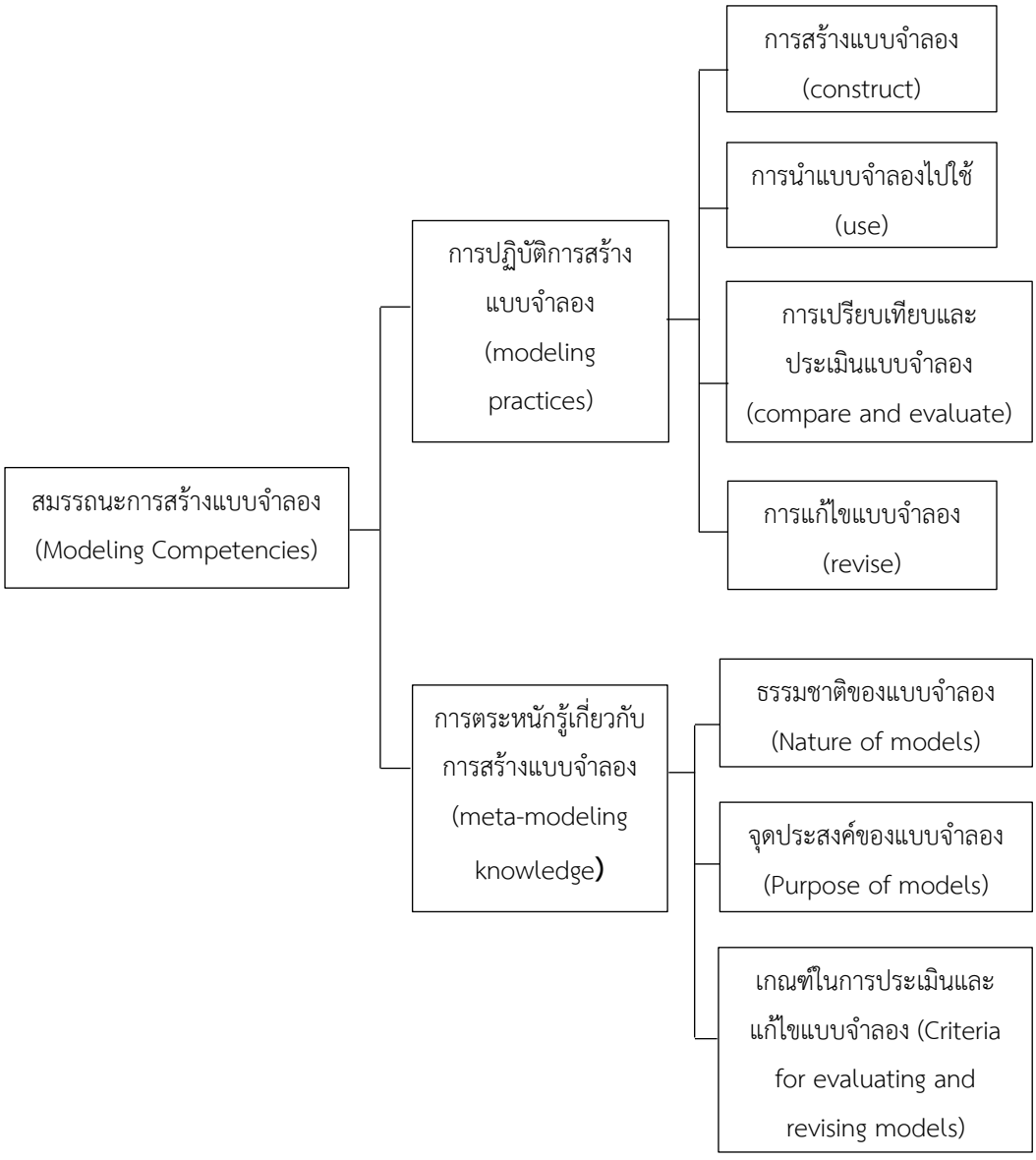
ดังนั้นกล่าวโดยสรุปว่า สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ความรู้ ทักษะ และความสามารถที่แสดงให้เห็นในกระบวนการสร้างแบบจำลอง จนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องและตรงตามเป้าหมาย เพื่อใช้สำหรับการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2.5 องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง มีนักการศึกษา Schwarz et al. (2009) Papaevripidou (2012) Papaevripidou et al. (2014) และ Jong et al. (2015) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Schwarz et al. (2009) ระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

(ที่มา: Schwarz et al., 2009)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Modeling Practices) คือ การมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการสร้างความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติ ประกอบด้วย

1.1 การสร้างแบบจำลอง (Construct) หมายถึง การนำหลักฐานที่ปรากฏหรือความรู้เดิมมาสร้างเป็นแผนภาพ เพื่อยกตัวอย่าง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ (Use) หมายถึง การอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นจากความรู้เดิมหรือหลักฐานที่ปรากฏ

1.3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (Compare and Evaluate) หมายถึง การพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ

1.4 การแก้ไขแบบจำลอง (Revise) หมายถึง การทบทวนแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ โดยคำนึงถึงหลักฐานเพิ่มเติมหรือลักษณะของปรากฏการณ์

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (meta-modeling knowledge) คือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย

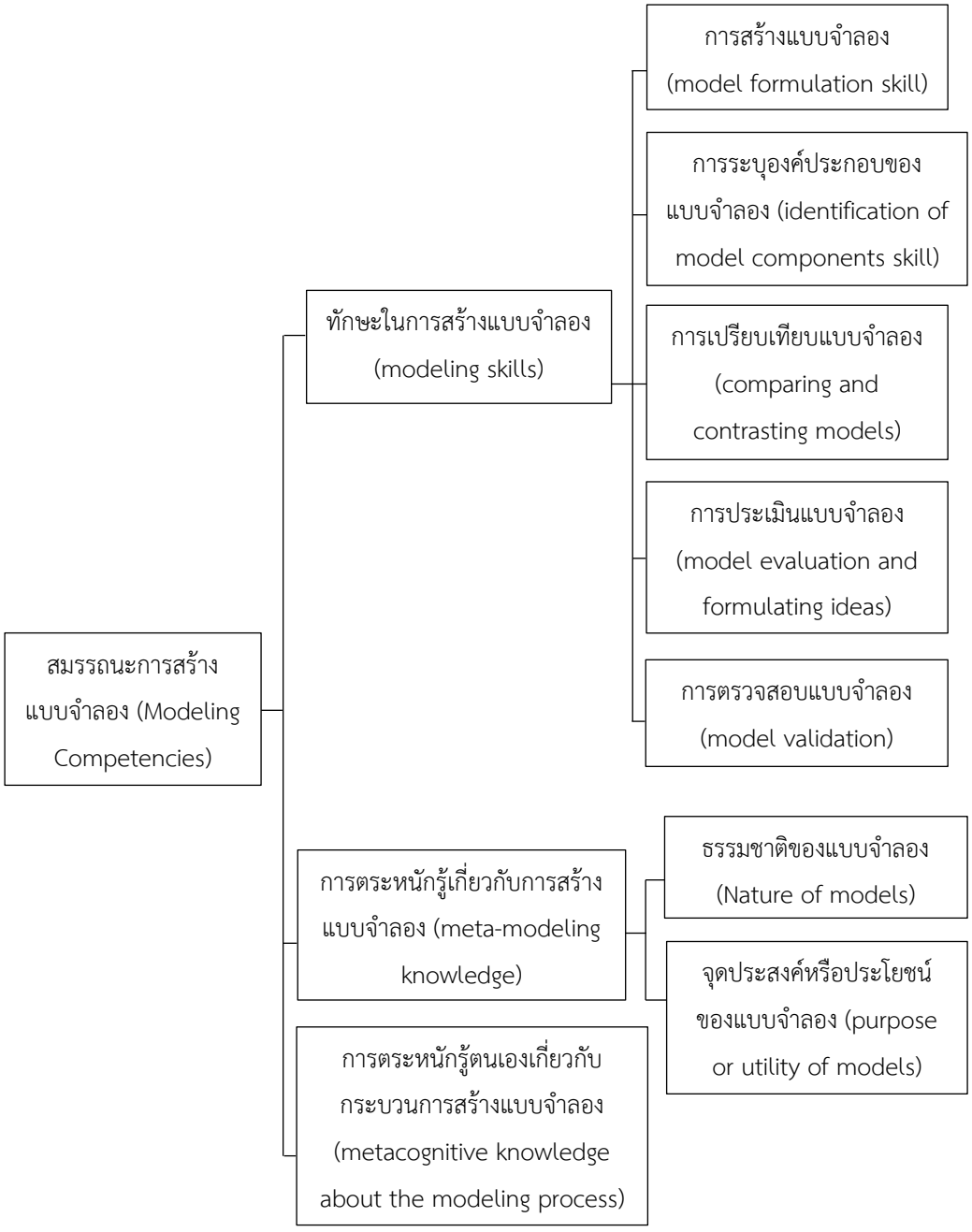
2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Models) หมายถึง การระบุลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการและคุณลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้และไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยแบบจำลองแต่ละประเภทมีข้อจำกัด สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจของปรากฏการณ์ที่เพิ่มขึ้น และแบบจำลองมีหลายประเภท เช่น แผนภาพ แบบจำลองแสดงเคลื่อนไหว แบบจำลองที่เป็นวัสดุ เป็นต้น

2.2 จุดประสงค์ของแบบจำลอง (Purpose of Models) หมายถึง การอธิบายจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลอง เช่น แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างความเข้าใจในระดับสูง (sense-making) สำหรับการสร้างความรู้ เป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ สามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาความเข้าใจใหม่ ๆ โดยการทำนายลักษณะใหม่ของปรากฏการณ์ และถูกนำมาใช้เพื่อยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2.3 เกณฑ์ในการประเมินและแก้ไขแบบจำลอง (Criteria for Evaluating and Revising Models) หมายถึง การระบุหลักการที่สำคัญในการสร้างแบบจำลอง เช่น การสร้างแบบจำลองขึ้นอยู่กับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ โดยต้องรวบรวมข้อมูลเฉพาะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบจำลองเท่านั้น

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

Papaevripidou (2012) ระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

(ที่มา: Papaevripidou, 2012)

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1. ทักษะในการสร้างแบบจำลอง (modeling skills) ประกอบด้วย

1.1 การสร้างแบบจำลอง (model formulation skill) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ ประกอบด้วย วัตถุ ตัวแปร กระบวนการ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

1.2 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง (identification of model components skill) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการระบุวัตถุ ตัวแปร กระบวนการ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของแบบจำลอง

1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (comparing and contrasting models) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์บนพื้นฐานของเกณฑ์ที่กำหนด คือ ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง และการทดสอบการคาดการณ์ของแบบจำลอง

1.4 การประเมินแบบจำลอง (model evaluation and formulating ideas) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายกลไกการทำงานของแบบจำลองในปรากฏการณ์ที่กำหนด ทดสอบการคาดการณ์ และพิจารณาส่วนที่บกพร่องของแบบจำลอง

1.5 การตรวจสอบแบบจำลอง (model validation) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์เดิม พิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองกับปรากฏการณ์ใหม่

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (meta-modeling knowledge) หมายถึง ความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองและจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย

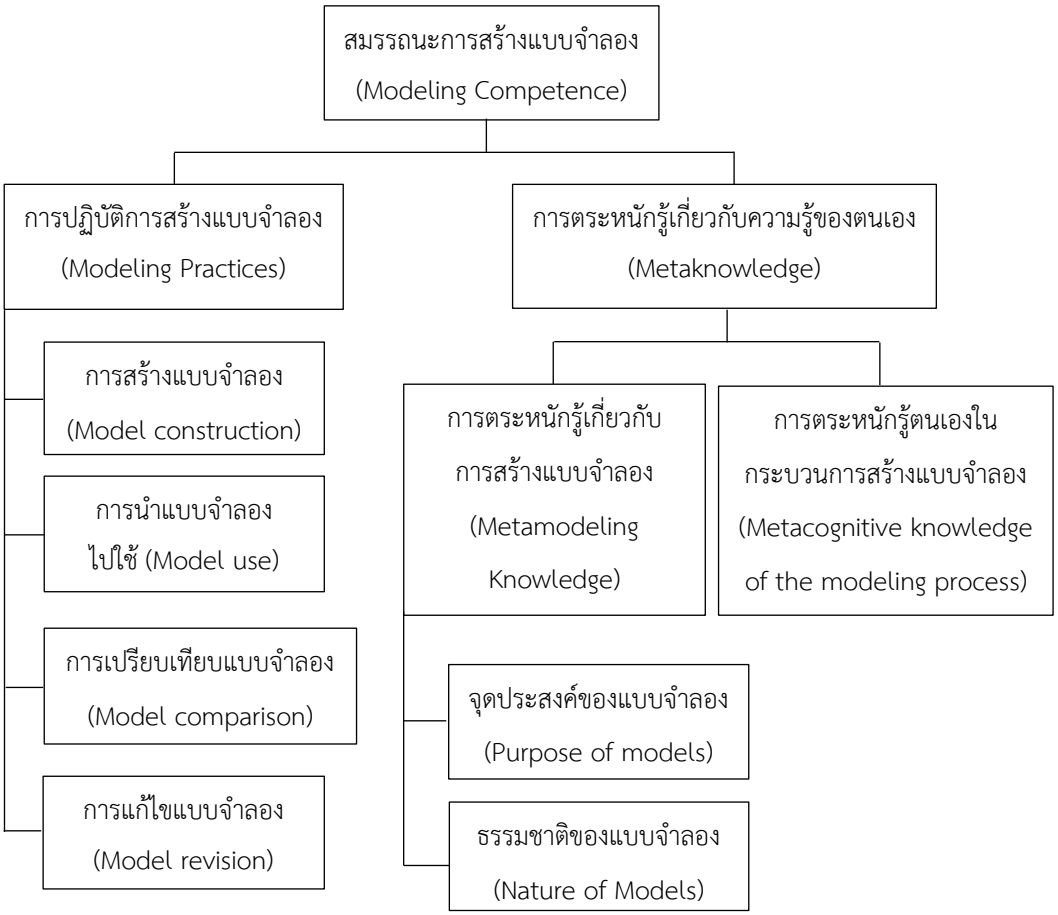
2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (nature of models) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง โดยมีลักษณะคำถาม เช่น แบบจำลองคืออะไร แบบจำลองทำหน้าที่อะไร สามารถใช้แบบจำลองที่ต่างกันเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่ แบบจำลองแสดงถึงความเป็นจริงได้อย่างแท้จริง

2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (purpose or utility of models) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการระบุจุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการสร้างแบบจำลอง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (metacognitive knowledge about the modeling process) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายวิธีการที่สำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง

Papaevripidou et al. (2014) ระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก ดังแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
(ที่มา: Papaevripidou et al., 2014)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Modeling Practices) ประกอบด้วย

1.1 การสร้างแบบจำลอง (Model construction) หมายถึง การพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์

1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ (Model use) หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์ ขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์ หรือการทำนายปรากฏการณ์ โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น

1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Model comparison) หมายถึง การระบุแบบจำลองที่ดีที่สุดหรือแบบจำลองที่บกพร่องที่สุด โดยพิจารณาจากการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ และความสามารถในการคาดการณ์

1.4 การแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) หมายถึง การพิจารณาข้อจำกัดและข้อบกพร่องของแบบจำลองจากการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ และความสามารถในการคาดการณ์

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้ของตนเอง (Metaknowledge) ประกอบด้วย

2.1 การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (meta-modeling knowledge) หมายถึง ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของแบบจำลองและจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย

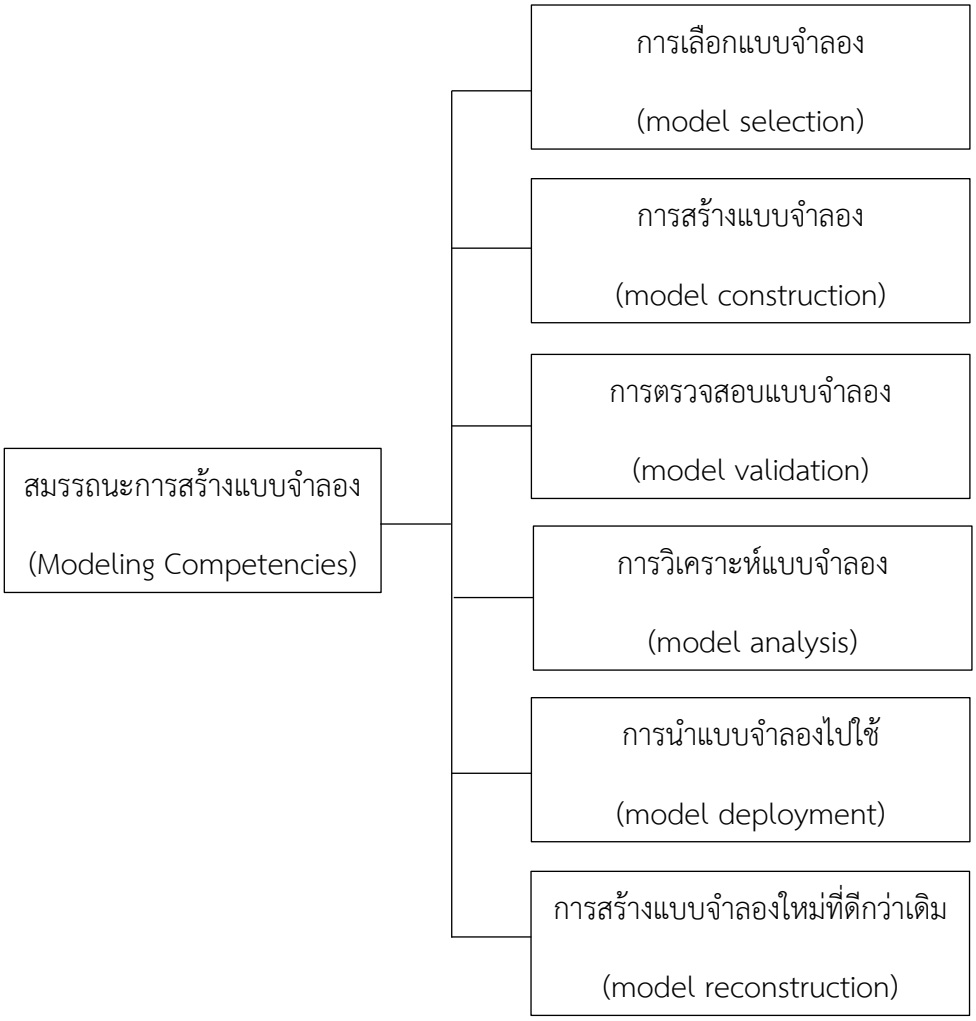
2.1.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (nature of models) หมายถึง การอธิบายลักษณะทั่วไปของแบบจำลองภายใต้ปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2.1.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (purpose or utility of models) หมายถึง การระบุจุดมุ่งหมายของแบบจำลองหรือประโยชน์ของการสร้างแบบจำลอง

2.2 การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (metacognitive knowledge about the modeling process) หมายถึง การอธิบายวิธีการที่สำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

Jong et al. (2015) ระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 6 องค์ประกอบ ดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
(ที่มา: Jong et al., 2015)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (modeling competencies) ประกอบด้วย

1. การเลือกแบบจำลอง (model selection) คือ การเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองหรือการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้อย่างเหมาะสม

2. การสร้างแบบจำลอง (model construction) คือ การนำเสนอตัวแทนทางความคิดจากองค์ประกอบที่ระบุหรือวัสดุที่เลือก

3. การตรวจสอบแบบจำลอง (model validation) คือ การพิจารณาความสอดคล้องของแบบจำลองกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. การวิเคราะห์แบบจำลอง (model analysis) คือ การระบุปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาจากการตรวจสอบแบบจำลอง

5. การนำแบบจำลองไปใช้ (model deployment) คือ การอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม

6. การสร้างแบบจำลองใหม่ (model reconstruction) คือ การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองหรือการสร้างแบบจำลองใหม่เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุด

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากการระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักการศึกษาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

นักการศึกษา / สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง	Schwarz (2009)	Papaevripidou (2012)	Papaevripidou et al. (2014)	Jong et al. (2015)
1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง				
การเลือกแบบจำลอง				√
การสร้างแบบจำลอง	√	√	√	√
การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง		√		
การนำแบบจำลองไปใช้	√		√	√
การเปรียบเทียบแบบจำลอง	√	√	√	√
การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	√	√	√	√
การตรวจสอบแบบจำลอง		√		
การสร้างแบบจำลองใหม่				√
2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง				
ธรรมชาติของแบบจำลอง	√	√	√	
จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	√	√	√	
3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	√	√	√	

จากตารางที่ 4 พบว่าองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง 2) การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง และ 3) การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดย Schwarz et al. (2009) Papaevripidou (2012) และ Papaevripidou et al. (2014) ระบุองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองได้อย่างครอบคลุม ซึ่งองค์ประกอบของเกณฑ์การประเมินและแก้ไข

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ของ Schwarz et al. (2009) คือ องค์ประกอบของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ส่วนการระบุองค์ประกอบของ Jong et al. (2015) ขาดการระบุองค์ประกอบของการตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองและการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว จึงแบ่งองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Modeling Practices) ประกอบด้วย

1.1 การสร้างแบบจำลอง (Model Construction)

1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ (Model Use)

1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Model Comparison)

1.4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Model Revision)

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling Knowledge) ประกอบด้วย

2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Models)

2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (Purpose or Utility of Models)

3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Metacognitive Knowledge about the Modeling Process)

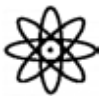
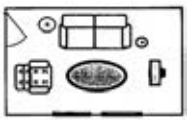
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2.6 แนวทางการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

การวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง มีนักการศึกษา Schwarz and White (1998) Gobert et al. (2002) Papaevripidou (2012) และ Jong et al. (2015) ได้เสนอแนวทางการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยใช้ทั้งแบบทดสอบแบบเขียนตอบ แบบทดสอบแบบเลือกตอบและการสัมภาษณ์ ซึ่งแบบทดสอบแบบเขียนตอบและการสัมภาษณ์ ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Schwarz and White (1998) ได้วัดการตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling Knowledge) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยใช้ข้อสอบแบบปรนัย แสดงรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1 จากตารางที่กำหนดให้ จงวงกลมสิ่งที่เป็นแบบจำลอง

ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์	ดินสอ	การจำลองทางคอมพิวเตอร์ เช่น SIM CITY
จักรยาน	โลกหรือแผนที่	เกล็ดหิมะ
กฎ เช่น ประมาณทุก ๆ 24 ชั่วโมง พระอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวัน ออกและตกทางทิศตะวันตก เพราะการหมุนรอบตัวเองของโลก	สมการ เช่น กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่กล่าวว่า ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงและมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ F = ma	วิดีทัศน์แอนิเมชั่น เช่น หนัง TOY STORY
แผ่นซีดี	ส้ม	 แผนภาพอะตอม
 แผนภาพสำหรับอาคารหรือห้อง	รถของเล่น	รูปภาพหรือภาพวาด
การจำลอง ThinkerTools	ต้นไม้	นางแบบแฟชั่นเสื้อผ้า

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่ 2 จงเลือกคำจำกัดความที่ดีที่สุดของแบบจำลอง จากมุมมองทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (วงกลมเพียงหนึ่งคำตอบ)

1) การเลียนแบบวัตถุสิ่งเล็ก ๆ 4) แบบแผนในการก่อสร้างอาคารหรือสะพาน

2) สิ่งที่ใช้สำหรับทำนายและอธิบาย 5) นางแบบหรือบุคคลที่แสดงเสื้อผ้า

3) ภาพบางสิ่งบางอย่างที่เรียบง่ายหรือเป็นภาพที่สมบูรณ์ 6) ไม่รู้คำตอบ

ข้อที่ 3 หากนักวิทยาศาสตร์ต้องการสร้างแบบจำลองอะตอมเพื่อทำนายความสัมพันธ์ของอะตอม สิ่งที่ควรมีในแบบจำลองคืออะไร (วงกลมเพียงหนึ่งคำตอบ)

1) ทุกส่วนของอะตอม 2) เฉพาะส่วนหลักของอะตอมเท่านั้น

3) เฉพาะส่วนที่เป็นประโยชน์สำหรับทำนายว่าอะตอมมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร

ข้อที่ 4 แบบจำลองในปรากฏการณ์เดียวกันมีรูปแบบที่แตกต่างกันได้หรือไม่

1) ได้ 2) ไม่ได้

ข้อที่ 5 นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองที่ไม่ถูกต้องได้หรือไม่

1) ได้ 2) ไม่ได้

ข้อที่ 6 นักวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่

1) ได้ 2) ไม่ได้

ข้อที่ 7 คุณเห็นด้วยกับบทความต่อไปนี้หรือไม่ “ทฤษฎีหรือแบบจำลองที่ดีที่สุดไม่จำเป็นต้องถูกต้องเสมอไป เพราะเป็นเพียงสิ่งที่ทำให้เราเข้าใจปรากฏการณ์มากขึ้น”

1) เห็นด้วย 2) ไม่เห็นด้วย

ข้อที่ 8 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คืออะไร (วงกลมเพียงหนึ่งคำตอบ)

1) สิ่งที่เป็นจริงและมีประโยชน์ (แบบจำลองแสดงถึงความเป็นจริงได้อย่างแท้จริง)

2) ไม่จำเป็นต้องเป็นจริงแต่มีประโยชน์ (แบบจำลองไม่จำเป็นต้องแสดงถึงความเป็นจริงอย่างแท้จริง)

3) ไม่จริงและไม่เป็นประโยชน์ (แบบจำลองไม่ได้แสดงถึงความเป็นจริงอย่างแท้จริง)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่ 9 คุณเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้หรือไม่ “นักวิทยาศาสตร์ไม่มั่นใจเกี่ยวกับสาเหตุการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ แสดงให้เห็นว่าไม่มีใครทราบสาเหตุการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ที่แท้จริง ดังนั้นวิธีการหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทำได้ คือการสร้างแบบจำลองหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการสูญพันธุ์ ซึ่งถือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีรูปแบบหนึ่ง”

1) เห็นด้วย 2) ไม่เห็นด้วย

ข้อที่ 10 คุณเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้หรือไม่ “เมื่อนักวิทยาศาสตร์ประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะมองหาคุณสมบัติบางอย่าง เช่น แบบจำลองถูกต้องและสมเหตุสมผลหรือไม่”

1) เห็นด้วย 2) ไม่เห็นด้วย

ข้อที่ 11 ประโยชน์ของแบบจำลองที่ดีที่สุดจากมุมมองทางวิทยาศาสตร์คืออะไร

1) เพื่อสร้างของเล่น

2) เพื่อคัดลอกวัตถุหรือกระบวนการ

3) เพื่อช่วยบุคคลสำหรับการสร้างวัตถุ

4) เพื่อพัฒนาและทดสอบแนวคิด

Gobert et al. (2002) ได้วัดธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Model) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบและประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค มีระดับคะแนนตั้งแต่ 0 – 3 คะแนน โดยคำถามสำหรับวัดธรรมชาติของแบบจำลองมีทั้งหมด 6 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 แบบจำลองคืออะไร

0 = ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้

1 = นักเรียนให้ตัวอย่างแบบจำลองแต่ไม่ได้อธิบายว่าแบบจำลองเป็นอย่างไร

2 = แบบจำลองแสดงตัวแทนของปรากฏการณ์

2.5 = แบบจำลองแสดงถึงแนวคิดหรือกระบวนการที่ช่วยให้เข้าใจสิ่งที่ศึกษา

3 = แบบจำลองเป็นตัวแทนของแนวคิด อาจแสดงสาเหตุว่าปรากฏการณ์นั้นทำงานอย่างไรและทำไมจึงเกิดปรากฏการณ์นั้นขึ้น ช่วยอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่ 2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้เพื่ออะไร

0 = ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้

1 = แบบจำลองใช้เพื่อแสดงบางสิ่งบางอย่าง

2 = แบบจำลองใช้เป็นตัวแทนบางสิ่งบางอย่าง เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นหรือเป็นตัวแทนสำหรับสิ่งที่มองไม่เห็นหรืออาจอันตรายหากพิจารณาโดยตรง

2.5 = แบบจำลองใช้เพื่อแสดงแนวคิด แสดงถึงความเข้าใจต่อปรากฏการณ์

3 = แบบจำลองใช้เพื่อแสดงแนวคิด การอธิบายสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ หรือกระบวนการทำงานของปรากฏการณ์

ข้อที่ 3 แบบจำลองต้องมีลักษณะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด

0 = ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้

1 = แบบจำลองที่สร้างขึ้นควรใกล้เคียงกับสิ่งที่แท้จริงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น อาจมีเพียงขนาดแตกต่างจากความเป็นจริง

2 = แบบจำลองต้องเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ แต่ไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงกับความจริง

2.5 = แบบจำลองต้องเป็นตัวแทนความคิด เพื่ออธิบายปรากฏการณ์

3 = แบบจำลองต้องเป็นตัวแทนความคิด เพื่อแสดงถึงกระบวนการทำงานหรือการเกิดปรากฏการณ์

ข้อที่ 4 นักเรียนจะรู้ได้อย่างไรว่าควรเพิ่มเติมรายละเอียดอะไรในแบบจำลอง

0 = ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้

1 = อธิบายไม่ชัดเจน เช่น ต้องเพิ่มเติมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริงต้องมีลูกศรการกำกับชื่อโดยไม่อธิบายจุดประสงค์ของแบบจำลอง

2 = มุ่งเน้นรายละเอียดของแบบจำลองที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

2.5 = มุ่งเน้นการเป็นตัวแทนทางความคิด โดยแสดงถึงความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ อธิบายถึงความสัมพันธ์และกระบวนการทำงานของปรากฏการณ์

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3 = มุ่งเน้นแสดงการเป็นตัวแทนทางความคิด โดยสามารถอธิบายความเข้าใจได้อย่างชัดเจน แสดงถึงความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ อธิบายถึงความสัมพันธ์ ขั้นตอนกระบวนการทำงานสามารถพิสูจน์และทำนายปรากฏการณ์ได้

ข้อที่ 5 นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งแบบสำหรับปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่

0 = นักวิทยาศาสตร์ต้องมีแบบจำลองเพียงแบบเดียวเท่านั้นและไม่อธิบายเหตุผล นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบแต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน เช่น แบบจำลองต่างกันแสดงหน้าที่ได้แตกต่างกัน

1 = นักวิทยาศาสตร์สามารถมีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบหากแบบแรกไม่ถูกต้องหรือบกพร่องและสามารถสร้างแบบจำลองจากวัสดุที่ต่างกันได้

2 = นักวิทยาศาสตร์สามารถมีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบจากมุมมองที่แตกต่างกันในปรากฏการณ์เดียวกัน และยกตัวอย่างแบบจำลองที่แตกต่างกันในปรากฏการณ์เดียวกัน แต่ไม่ได้แสดงถึงแนวคิดที่เปลี่ยนไป

2.5 = นักวิทยาศาสตร์สามารถมีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบ แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด โดยแบบจำลองเปลี่ยนเมื่อมีแนวคิดเปลี่ยน เช่น ได้รับข้อมูลใหม่หรือแบบจำลองที่แตกต่างกันแสดงถึงแนวคิดที่ต่างกัน

3 = นักวิทยาศาสตร์สามารถมีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบ แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและการอธิบาย โดยแบบจำลองเปลี่ยนเมื่อมีแนวคิดเปลี่ยนหรือคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานและการเกิดปรากฏการณ์

ข้อที่ 6 นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงแบบจำลองได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

0 = ไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ได้แต่ไม่ให้เหตุผล

1 = เปลี่ยนแปลงได้แต่ให้เหตุผลไม่ชัดเจน เช่น เปลี่ยนแปลงได้หากสร้างแบบจำลองผิดพลาด มีองค์ประกอบบางส่วนขาดหาย หรือแบบจำลองนั้นเป็นอันตราย

2 = แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้เมื่อกระบวนการสร้างแบบจำลองเปลี่ยนหรือเมื่อแบบจำลองมีข้อบกพร่องในการเป็นตัวแทนที่แสดงถึงความเข้าใจ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

2.5 = แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีแนวคิดเกี่ยวกับบางสิ่งเปลี่ยนไป เช่น มีข้อมูลเพิ่มเติม มีกระบวนการหรือขั้นตอนที่เปลี่ยนแปลง

3 = แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีแนวคิดเปลี่ยนไป อาจจะแสดงสาเหตุการทำงาน สาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ และความเหมาะสมในการเปลี่ยนแปลง

Papaevripidou (2012) ได้วัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้ 1. ทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 1.1 การสร้างแบบจำลอง 1.2 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง 1.4 การประเมินแบบจำลอง 1.5 การตรวจสอบแบบจำลอง 2. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง 3. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 3.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง และ 3.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค แสดงรายละเอียดดังนี้

1. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

1.1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation Skill)

คือ การทำหรือพัฒนาแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์

ตัวอย่างแบบวัดการสร้างแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: ให้นักเรียนดูวิดีทัศน์การทดลองปล่อยลูกบอลโลหะสองลูกพร้อมกัน ลูกหนึ่งได้รับความเร็วในแนวนอนในขณะที่อีกลูกหนึ่งปล่อยอย่างอิสระ อัตราเร็วของลูกบอลทั้งสองลดลงเท่ากันและส่งผลต่อพื้นโต๊ะเช่นเดียวกัน

จากวิดีทัศน์ให้นักเรียนวาดแบบจำลองแสดงตัวแทนของปรากฏการณ์และอธิบายหน้าที่ของแบบจำลองจากการทดลอง (หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง) พร้อมทั้งระบุชื่อองค์ประกอบหลักของแบบจำลองอย่างน้อย 2 องค์ประกอบ โดยนักเรียนสามารถใช้คำพูดในการอธิบายร่วมด้วยได้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

จากตัวอย่างแบบวัดการสร้างแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 4 ระดับของการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้แบบผิวเผิน (เช่น องค์ประกอบส่วนใหญ่ขาดหายไป) 2) ขาดการตีความที่มีประสิทธิภาพ 3) ขาดอำนาจในการคาดการณ์
Level 2	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้ในระดับปานกลาง (เช่น แสดงองค์ประกอบบางอย่างเท่านั้น) 2) ขาดการตีความที่มีประสิทธิภาพ 3) ขาดอำนาจในการคาดการณ์
Level 3	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้ในระดับปานกลาง (เช่น แสดงองค์ประกอบบางอย่างเท่านั้น) 2) อธิบายหน้าที่และการทำงานของปรากฏการณ์ได้อย่างครอบคลุม 3) ขาดอำนาจในการคาดการณ์
Level 4	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้ในระดับปานกลาง (เช่น แสดงองค์ประกอบบางอย่างเท่านั้น) 2) อธิบายหน้าที่และการทำงานของปรากฏการณ์ได้อย่างครอบคลุมและอธิบายได้ว่าทำไมถึงทำหน้าที่เช่นนั้น 3) ขาดอำนาจในการคาดการณ์
Level 5	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้ครบถ้วน 2) อธิบายหน้าที่และการทำงานของปรากฏการณ์ได้อย่างครอบคลุมและอธิบายได้ว่าทำไมถึงทำหน้าที่เช่นนั้น 3) มีข้อจำกัดในการคาดการณ์
Level 6	แบบจำลอง 1) ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้ครบถ้วน 2) อธิบายหน้าที่และการทำงานของปรากฏการณ์ได้อย่างครอบคลุมและอธิบายได้ว่าทำไมถึงทำหน้าที่เช่นนั้น 3) มีอำนาจในการคาดการณ์สูง

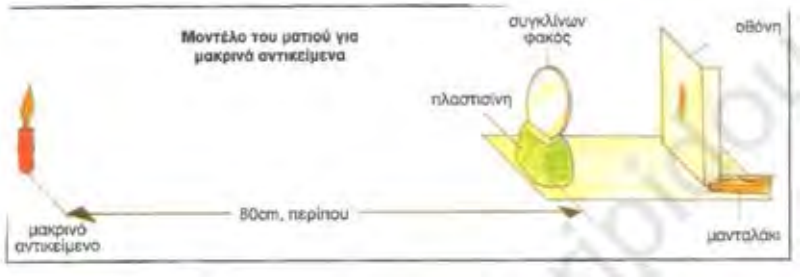
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1.2 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง (Identification of Model Components Skill)

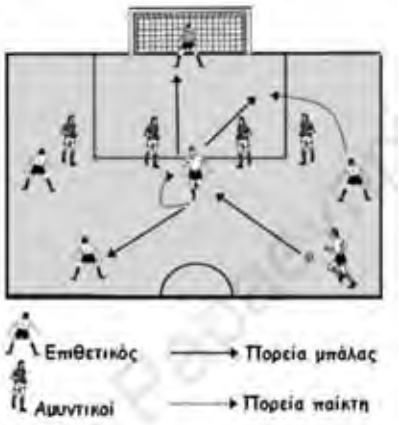
คือ การบอกและอธิบายถึงวัตถุ ตัวแปร กระบวนการ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของแบบจำลอง

ตัวอย่างแบบวัดการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: ให้ผู้เรียนนำเสนอแบบจำลองที่แสดงถึงการสร้างภาพในดวงตา (เช่น แสงออกจากเปลวเทียนผ่านเลนส์เว้าและแสดงภาพของเทียนบนจอภาพ)



โจทย์ปัญหา: ให้ผู้เรียนนำเสนอแผนภาพแสดงวิธีการเล่นฟุตบอล (เช่น เส้นทางที่ลูกฟุตบอลถูกยิงจากผู้เล่นคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งเพื่อให้สามารถยิงเข้าประตู)



CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

จากตัวอย่างแบบวัดการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 5 ระดับของการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

ระดับของการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ระบุองค์ประกอบของระบุแค่วัตถุ แต่ไม่ได้อ้างอิงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับชื่อของส่วนประกอบของแบบจำลองที่ระบุ
Level 2	ระบุวัตถุและตัวแปร แต่ไม่ได้อ้างอิงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับชื่อของส่วนประกอบของแบบจำลองที่ระบุ
Level 3	ระบุวัตถุ ตัวแปร และความสัมพันธ์ แต่ไม่ได้อ้างอิงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับชื่อของส่วนประกอบของแบบจำลองที่ระบุ
Level 4	ระบุวัตถุ ตัวแปร ความสัมพันธ์ และอ้างอิงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับชื่อของส่วนประกอบของแบบจำลองที่ระบุ
Level 5	ระบุวัตถุ ตัวแปร ความสัมพันธ์ กระบวนการ และอ้างอิงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับชื่อของส่วนประกอบของแบบจำลองที่ระบุ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

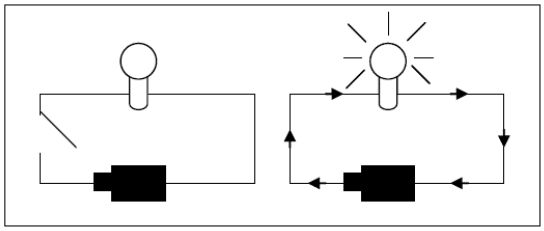
1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Comparing and Contrasting Models)

คือ การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ โดยพิจารณาจากความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง และการทดสอบการคาดการณ์ของแบบจำลอง

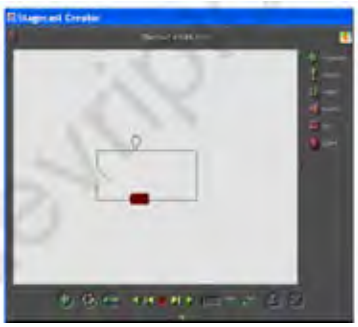
ตัวอย่างแบบวัดการเปรียบเทียบแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: กำหนดแบบจำลองการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ 1. รูปภาพ 2. การสร้างแผนภาพโดยใช้เส้นเชือก 3. แบบจำลองจากโปรแกรม Stagecast Creator 4. คำอธิบาย จากแบบจำลองทั้งสี่แบบจงระบุว่าแบบจำลองใดเหมาะสมมากที่สุดและแบบจำลองใดเหมาะสมน้อยที่สุดสำหรับการอธิบายปรากฏการณ์ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่เลือกแบบจำลองนั้น

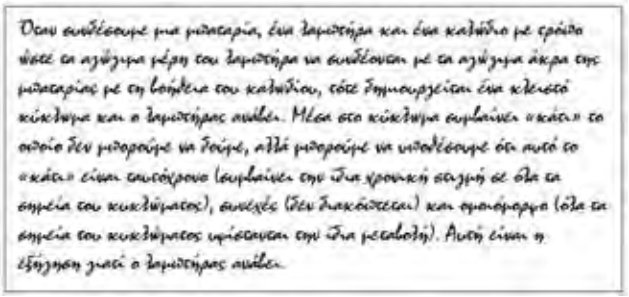
1. รูปภาพ



2. การสร้างแผนภาพโดยใช้เส้นเชือก



3. แบบจำลองจากโปรแกรม Stagecast Creator



4. คำอธิบาย

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากตัวอย่างแบบวัดการเปรียบเทียบแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 6 ระดับของการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ระดับของการเปรียบเทียบแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของการเรียนการสอน
Level 2	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง
Level 3	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองและการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์
Level 4	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์และสาเหตุของปรากฏการณ์
Level 5	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์และสาเหตุของปรากฏการณ์พร้อมทั้งสามารถคาดการณ์ปรากฏการณ์นั้นได้

1.4 การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluation and Formulating Ideas)

คือ การนำแบบจำลองจากปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกันมาเปรียบเทียบและตรวจสอบความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ อธิบายกลไกการทำงานของปรากฏการณ์ ทดสอบการคาดการณ์ และพิจารณาส่วนที่บกพร่องของแบบจำลอง

ตัวอย่างแบบวัดการประเมินแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: กำหนดแบบจำลองการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Stagecast Creator จากนั้นให้วาดภาพแสดงปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้รับให้สมบูรณ์ หากสมบูรณ์แล้วให้อธิบายเหตุผล แต่หากยังไม่สมบูรณ์ให้อธิบายสิ่งที่ยังบกพร่อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

โจทย์ปัญหา: ให้ดูการทดลองจากวิดีทัศน์โดยมีคนยืนอยู่บนแท่นหมุนและถือล้อเลื่อน เป็นสาเหตุให้คนหมุนเพื่อรักษาการอนุรักษ์โมเมนตัม (วงล้อเริ่มจากแนวตั้งและคนสามารถหมุนไปทางซ้ายหรือขวาก็ได้ขึ้นอยู่กับความเอียงของล้อ) หลังจากดูวิดีทัศน์แล้วให้วาดภาพแสดงปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้รับให้สมบูรณ์ หากสมบูรณ์แล้วให้อธิบายเหตุผล แต่หากยังไม่สมบูรณ์ให้อธิบายสิ่งที่ยังบกพร่อง

จากตัวอย่างแบบวัดการประเมินแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 7 ระดับของการประเมินแบบจำลอง

ระดับของการประเมินแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ประเมินแบบจำลองจาก 1) ความสวยงาม 2) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป
Level 2	ประเมินแบบจำลองจาก 1) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป เช่น ตัวแปร 2) ความสามารถในการตีความของแบบจำลอง (เช่น อธิบายว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวบกพร่องอย่างไร)
Level 3	ประเมินแบบจำลองจาก 1) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป เช่น ตัวแปร กระบวนการ 2) ความสามารถในการตีความของแบบจำลอง (เช่น อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ของสิ่งที่ขาดหายไป และหายไปอย่างไร)
Level 4	ประเมินแบบจำลองจาก 1) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป เช่น วัตถุ ตัวแปร กระบวนการ 2) ความสามารถในการตีความของแบบจำลอง (เช่น อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ของสิ่งที่ขาดหายไป และหายไปอย่างไร)
Level 5	ประเมินแบบจำลองจาก 1) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป เช่น วัตถุ ตัวแปร กระบวนการ ความสัมพันธ์แต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง 2) ความสามารถในการตีความของแบบจำลอง (เช่น อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ของสิ่งที่ขาดหายไป และหายไปอย่างไร)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ระดับของการประเมินแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 6	ประเมินแบบจำลองจาก 1) การระบุองค์ประกอบที่ขาดหายไป เช่น วัตถุ ตัวแปร กระบวนการ ความสัมพันธ์แต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง 2) ความสามารถการตีความของแบบจำลอง (เช่น อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ของสิ่งที่ขาดหายไป และหายไปอย่างไร) 3) ความสามารถในการคาดการณ์

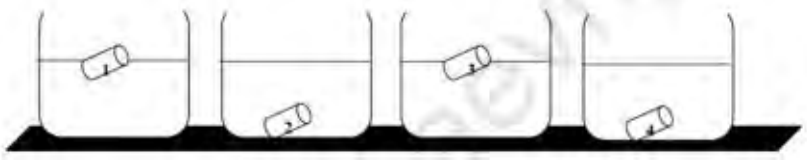
1.5 การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Validation through Comparison with Phenomena of the Same Class Skill)

คือ การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์ใหม่

ตัวอย่างแบบวัดการตรวจสอบแบบจำลอง

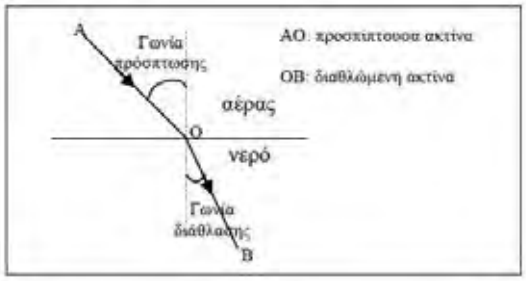
การตรวจสอบแบบจำลองจากการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ในชั้นเรียนเดียวกัน ผู้เรียนจะได้รับรายละเอียดเกี่ยวกับบริบทของปรากฏการณ์ที่ศึกษารวมทั้งแบบจำลองที่สร้างมาจากข้อมูลที่กำลังศึกษาอยู่ จากนั้นให้ผู้เรียนอธิบายขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีเพื่อตรวจสอบแบบจำลองที่นำเสนอ เช่น เรื่องการพยุงและการหักเหแสง ดังรูป

Αντικείμενο	Μάζα	Όγκος	Βυθίζεται/Επιπλέει;
1	80 γρ	320 cm^3	Επιπλέει
2	150 γρ	55,55 cm^3	Βυθίζεται
3	50 γρ	100 cm^3	Επιπλέει
4	200 γρ	25,64 cm^3	Βυθίζεται
νερό	100 γρ	100 cm^3	



รูปที่ 1 การพยุง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319



Οι μετρήσεις του φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Δοκιμή	Γωνία πρόσπτωσης	Γωνία διάθλασης
1	30°	14°
2	35°	18°
3	40°	25°
4	45°	29°

รูปที่ 2 การหักเหแสง

จากตัวอย่างแบบวัดการตรวจสอบแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 8 ระดับของตรวจสอบแบบจำลองจากการเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกัน

ระดับของ Metacognitive knowledge	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจากความครบถ้วนขององค์ประกอบของแบบจำลอง
Level 2	ตรวจสอบแบบจำลองจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแบบจำลองว่าถูกต้องหรือไม่
Level 3	ตรวจสอบแบบจำลองจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรจากนั้นศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองในกรณีใหม่
Level 4	ตรวจสอบแบบจำลองจากการนำไปประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์ใหม่และศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองในกรณีใหม่

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

2. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Metacognitive Knowledge about the Modeling Process)

คือ การระบุขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ตัวอย่างแบบวัดการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ผู้ทดสอบจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์และการสร้างแบบจำลองที่บุคคลสนใจแต่ไม่ได้ตระหนักถึงขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแบบจำลอง ผู้ทดสอบจะต้องอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองที่ช่วยให้บุคคลนั้นสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง

การวัดการการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 9 ระดับของการการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการรับรู้ตนเองในกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	สร้างแบบจำลองจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ)
Level 2	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น อภิปรายเกี่ยวกับปรากฏการณ์กับผู้เชี่ยวชาญ ศึกษาจากหนังสือ การสังเกต) และ 2) การสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของข้อมูลที่เก็บรวบรวม
Level 3	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น อภิปรายเกี่ยวกับปรากฏการณ์กับผู้เชี่ยวชาญ ศึกษาจากหนังสือ การสังเกต) 2) การสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของข้อมูลที่เก็บรวบรวม 3) การเปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 4) การปรับปรุงแบบจำลอง
Level 4	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น อภิปรายเกี่ยวกับปรากฏการณ์กับผู้เชี่ยวชาญ ศึกษาจากหนังสือ การสังเกต) 2) การสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของข้อมูลที่เก็บ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

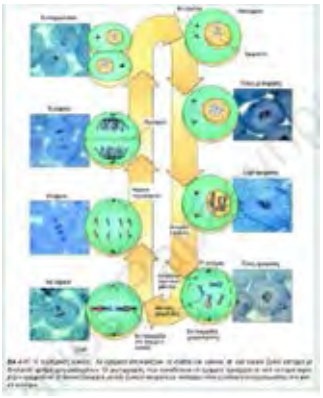
ระดับของการรับรู้ตนเองในกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
	รวบรวม 3) การเปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 4) การปรับปรุงแบบจำลอง 5) ทดสอบแบบจำลอง 6) การทำซ้ำขั้นตอนที่ 3) ถึงขั้นตอนที่ 5)
Level 5	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การระบุวัตถุ ตัวแปร กระบวนการ และปฏิสัมพันธ์ของปรากฏการณ์) 2) การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแบบจำลอง 3) การสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของการเก็บรวบรวมข้อมูล 4) การเปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 5) การประเมินแบบจำลองตามความสมบูรณ์ของการเป็นตัวแทน ตามศักยภาพในการตีความ และอำนาจในคาดการณ์ 6) การปรับปรุงแบบจำลอง 7) การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 8) การทำซ้ำขั้นตอนที่ 4) ถึงขั้นตอนที่ 7)

3. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling Knowledge)

3.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Models)

คือ การอธิบายลักษณะทั่วไปหรือคุณสมบัติของแบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ ตัวอย่างแบบวัดธรรมชาติของแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: จากรูปเป็นแบบจำลองแสดงวัฏจักรการแบ่งเซลล์ของดีเอ็นเอ จงอธิบายว่าแบบจำลองที่กำหนดให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด



CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

จากตัวอย่างแบบวัดธรรมชาติของแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 10 ระดับธรรมชาติของแบบจำลอง

ระดับของธรรมชาติของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	แบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ธรรมชาติ
Level 2	แบบจำลองเป็นตัวแทนที่ใช้กำหนดและทดสอบการคาดการณ์ปรากฏการณ์ภายใต้เนื้อหาที่เรียน
Level 3	แบบจำลองเป็นตัวแทนในการอธิบายหน้าที่การทำงานของปรากฏการณ์
Level 4	แบบจำลองอธิบายและแสดงปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาอยู่ (เช่น ให้ข้อมูลการทำงานของปรากฏการณ์) และสามารถใช้เพื่อทดสอบการคาดการณ์เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของปรากฏการณ์

3.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (Purpose or Utility of Models)

คือ ความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลองหรือประโยชน์ของการนำแบบจำลองไปใช้

ตัวอย่างแบบวัดจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง

โจทย์ปัญหา: จากแบบจำลองแสดงวัฏจักรการแบ่งเซลล์ของดีเอ็นเอ เป็นการสร้างตัวแทนสำหรับสิ่งที่ศึกษาหรือไม่ (หรือแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์) จงอธิบายเหตุผลอย่างน้อย 3 ข้อ

จากตัวอย่างแบบวัดจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองข้างต้น Papaevripidou (2012) ได้ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคดังนี้

ตารางที่ 11 ระดับของจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง

ระดับของจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือช่วยในการสื่อสารข้อมูล
Level 2	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือ

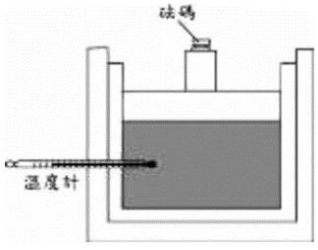
CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ระดับของจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
	ช่วยในการสื่อสารข้อมูล 2) อุปกรณ์ช่วยสำหรับการเรียนการสอน
Level 3	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือช่วยในการสื่อสารข้อมูล 2) อุปกรณ์ช่วยสำหรับการเรียนการสอน 3) การจำลอง
Level 4	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือช่วยในการสื่อสารข้อมูล 2) อุปกรณ์ช่วยสำหรับการเรียนการสอน 3) การจำลอง 4) สิ่งอำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา
Level 5	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือช่วยในการสื่อสารข้อมูล 2) อุปกรณ์ช่วยสำหรับการเรียนการสอน 3) การจำลอง 4) สิ่งอำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 5) เครื่องมือสำหรับกำหนดและทดสอบการคาดการณ์

Jong et al. (2015) วัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบปรนัยและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ 1. การเลือกแบบจำลอง 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การตรวจสอบแบบจำลอง 4. การวิเคราะห์แบบจำลอง 5. การนำแบบจำลองไปใช้ และ 6. การแก้ไขแบบจำลอง โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (Jong et al., 2015)

โจทย์ปัญหา: จากรูป ภาชนะบรรจุแก๊สไนโตรเจน โดยมีลูกสูบเหนือภาชนะที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ โดยใช้น้ำหนักหรือการปรับอุณหภูมิ (เช่น เพิ่มหรือลดอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะที่บรรจุ) จากข้อมูลดังกล่าวจงตอบคำถามต่อไปนี้



1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1. เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิและปริมาตรเท่ากัน นักเรียนคิดว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความดันแก๊สในภาชนะที่บรรจุคืออะไร

ก) น้ำหนักรวมของแก๊ส ฉ) การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการชนกันของอนุภาคแก๊ส

ข) ขนาดของโมเลกุล ช) เกี่ยวข้องกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุเท่านั้น

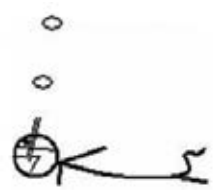
ค) กิจกรรม ซ) เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิภายนอกเท่านั้น

ง) แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคของแก๊ส ฌ) อื่น ๆ: _____

จ) จำนวนโมเลกุล

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแต่ละองค์ประกอบจะประกอบด้วยคำถามย่อย 2-6 ข้อ (Jong et al., 2015)

โจทย์ปัญหา: จากรูปด้านซ้ายเมื่อนักดำน้ำอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลประมาณ 20 เมตร เมื่อหายใจออกจะมีฟองอากาศเกิดขึ้น จงใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่คุณได้เรียนรู้หรือใช้ความรู้พื้นฐานที่คุณมีตอบคำถามต่อไปนี้



1. เมื่อฟองอากาศลอยขึ้นไปสู่ผิวน้ำ ฟองอากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เล็กลง หรือเท่าเดิม

1.1 หากฟองอากาศเปลี่ยนขนาด อะไรคือตัวแปรที่เป็นไปได้

2. หากใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่สามารถสังเกตภายในฟองอากาศได้ นักเรียนคิดว่าจะสังเกตเห็นอะไรภายในฟองอากาศหรือไม่ ถ้าใช่จงวาดรูปสิ่งที่คิดว่าอยู่ภายในฟองอากาศ

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมีข้างต้น Jong et al. (2015) ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคทั้ง 6 องค์ประกอบดังนี้

0 = ไม่อธิบาย

1 = อธิบายเพียงตัวแปรเดียว

2 = อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร

3 = อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

4 = อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสามตัวแปรโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

5 = อธิบายสมการกฎของแก๊สในอุดมคติ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากการศึกษาแนวทางการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของ Schwarz and White (1998) Gobert et al. (2002) Papaevripidou (2012) และ Jong et al. (2015) พบว่าการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองมีการใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค โดยปรับจาก Papaevripidou (2012) และ Gobert et al. (2002)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (Chemistry Learning Achievement)

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดจากที่ไม่เคยกระทำได้หรือทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546b) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งการประเมินผลการเรียนรู้ออกเป็น 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) คือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสำเร็จที่เกิดจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ คือ ความสามารถของนักเรียนในการเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก ระลึกเรื่องราวหรือความรู้ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว โดยลักษณะข้อสอบเป็นการวัดเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ความจำซึ่งไม่ควรเกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ คือ ความสามารถของนักเรียนในการแสดงความเข้าใจ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ แปลความหมาย จับใจความ ยกตัวอย่าง สรุปอ้างอิง โดยลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านความเข้าใจแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1) ความสามารถในการระบุข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง

2) ความสามารถในการยกตัวอย่างหรือระบุหลักการ กฎ หรือทฤษฎีตามความเข้าใจของตนเอง เมื่ออยู่ในรูปของสถานการณ์ใหม่

3) ความสามารถในการแปลความหมายจากสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ อาจแสดงโดยใช้ข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพหรือแผนภาพ เป็นต้น

3. พฤติกรรมด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 4 พฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1) การสังเกตและการวัด คือ การสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยายผลการสังเกต การวัดขนาดของวัตถุและการเปลี่ยนแปลงวิธีการวัด การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม การประเมินผลการวัดและความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้

2) การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา คือ การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการในการทดสอบสมมติฐาน การออกแบบการทดลองสำหรับการทดสอบสมมติฐาน

3) การแปลความหมายของข้อมูลและการสร้างข้อสรุป คือ การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การทำนายข้อมูลและการขยายความ การตรวจสอบสมมติฐาน และการสร้างข้อสรุป

4) การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี คือ การระบุปรากฏการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎี การสร้างสมมติฐาน การแปลความหมาย การประเมินผลการทดลอง รวมทั้งการปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลองเชิงทฤษฎี

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการวิทยาศาสตร์ไปใช้ คือ ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยลักษณะข้อสอบส่วนใหญ่จะยกสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความเข้าใจระดับสูงรวมทั้งวิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

Bloom (1956) ได้ระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยเชื่อว่ามนุษย์เกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นพฤติกรรมด้านสมองที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่

1.1) ระดับความรู้ความจำ (Knowledge) คือ ความสามารถในการระลึกหรือจดจำข้อมูลในเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.2) ระดับความเข้าใจ (Comprehension) คือ ความสามารถในการจับใจความสำคัญและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้ได้ด้วยคำพูดของตนเองอาจแสดงออกจากการตีความ คาดคะเน สรุปใจความสำคัญ

1.3) ระดับการนำไปใช้ (Applying) คือ ความสามารถในการนำความรู้ ข้อมูล และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

1.4) ระดับการวิเคราะห์ (Analysis) คือ ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อย วิเคราะห์ความแตกต่าง มองเห็นถึงความสัมพันธ์ของประเด็นที่เกี่ยวข้องกันได้อย่างชัดเจน

1.5) ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์มากขึ้น

1.6) ระดับการประเมินค่า (Evaluation) คือ ความสามารถในการตัดสิน วินิจฉัย หรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ อย่างมีกฎเกณฑ์

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมด้านจิตใจ เกี่ยวข้องกับความรู้สึกทางจิตใจ เช่น ทัศนคติ ความเชื่อ ค่านิยม ความสนใจ เป็นต้น

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมด้านกล้ามเนื้อประสาทเกี่ยวข้องกับทักษะการเคลื่อนไหว แสดงถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว

Klopfer (1971) อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ได้ให้แนวทางสำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ประกอบด้วยพฤติกรรมทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงความรู้ความจำของนักเรียนเกี่ยวกับข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง แบ่งออกเป็น 9 ประเภท ดังนี้

1.1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง

1.2) ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

1.3) ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงของชุมชนวิทยาศาสตร์

1.5) ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอน

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1.6) ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท จัดประเภท และเกณฑ์

1.7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์

1.8) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์

1.9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ (Comprehension) คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจเรื่องราว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1) ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ และทฤษฎีต่าง ๆ โดยการนำไปอธิบายในบริบทใหม่ที่แตกต่างจากรูปแบบที่เคยเรียนมา

2.2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ หรือทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีส่วนร่วมในการสืบสอบหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับศึกษาเรื่องราวของธรรมชาติและสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ แบ่งออกเป็น 4 พฤติกรรม ได้แก่ การสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและหาทางที่จะแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุปและการสร้าง ทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) คือ พฤติกรรมที่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เคยเรียนมาแก้ปัญหาต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของปัญหา ดังนี้

4.1) การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน ส่วนมากเป็นสถานการณ์ทั่วไปในชั้นเรียนที่ผู้เรียนต้องนำความรู้จากที่เรียนไปใช้แก้ปัญหาใหม่ที่อยู่ในวิชาเดียวกัน

4.2) การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น เป็นปัญหาเดียวแต่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

4.3) การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ คือ เรื่องเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง การออกแบบ หรือการผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

จากการศึกษาแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

4. การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

การศึกษาการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน นำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัยตามลำดับ ได้แก่ (1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน และ (2) ขั้นตอนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ความรู้เดิมมีส่วนเกี่ยวข้องและเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนโดยผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นและความเข้าใจที่มีอยู่เดิม (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544)

ทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ (Piaget) และวีก็อทสกี้ (Vygotsky) โดยเพียเจต์เชื่อว่า ทุกคนมีพัฒนาการเชาว์ปัญญาจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ บุคคลจะมีการปรับตัวผ่านกระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) โดยเมื่อบุคคลรับหรือซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ไม่สัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) จนกระทั่งเกิดความรู้ใหม่ขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2551) ส่วนวีก็อทสกี้ ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคม ผู้เรียนจะสร้างความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ในขณะที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานในสภาวะทางสังคม (social context) ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556)

คุณลักษณะของทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม คือ ผู้เรียนต้องสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ นอกจากนี้การจัดสภาพแวดล้อมหรือกิจกรรมให้สอดคล้องกับชีวิตจริงจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556)

โดยสรุป ทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมเป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการค้นคว้า หาความรู้ สำรวจตรวจสอบ ด้วยวิธีการต่าง ๆ จนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ได้ โดยอาศัยสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและการเรียนรู้ร่วมกัน

การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยทฤษฎีรากฐานที่สำคัญของวิธีการจัดการเรียนการสอนนี้ คือ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558)

1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change theory) ซึ่งเกิดจากทฤษฎีของเพียเจต์เกี่ยวกับความคิดหรือการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน (Individual learning)

2) ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของวีก็อทสกี้

3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปมัยและการเปรียบเทียบ (Rea-Ramirez, Clement and Nunez-Ovedo, 2008 อ้างใน ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558)

การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม

การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม เป็นการปรับโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต้องไม่ใช่การท่องจำข้อมูลแต่เป็นการแสวงหาความหมาย ผู้เรียนต้องได้รับประสบการณ์จากประสาทสัมผัสจำนวนมากและมีโอกาสปรับภาวะไม่สมดุลที่เกิดขึ้น (Saunders, 1992 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544) เพื่อให้การสอนเป็นไปตามจุดประสงค์ดังกล่าว การจัดการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายประการดังนี้ (ทิศนา แขมมณี, 2551)

1) ผู้เรียนต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการสร้างความรู้ (process of knowledge construction) และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น (reflexive awareness of that process) การเรียนรู้ต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง (authentic tasks) และครูต้องเป็นแบบอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเห็น

2) การเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ต้องให้ผู้เรียนทำได้และแก้ปัญหาได้จริง เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียนเป็นการสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

3) ในการเรียนการสอน ผู้เรียนต้องมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว โดยต้องจัดกระทำข้อมูลจากการศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้น ๆ สามารถสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นได้ด้วยตนเองจนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจ ผู้สอนควรสร้างกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นของจริงและมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน

4) ครูต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (sociomoral) ให้เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและกับบุคคลอื่น ๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้น ซับซ้อนขึ้น และหลากหลายขึ้น

5) ในการเรียนการสอน ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้

6) ในการเรียนการสอน ครูจะเปลี่ยนบทบาทจาก “การให้ความรู้” ไปเป็น “การให้ผู้เรียนสร้างความรู้” เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ ครูจะต้องทำหน้าที่สร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่ผู้เรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของผู้เรียน ดำเนินกิจกรรมที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิชาการและด้านสังคมแก่ผู้เรียน

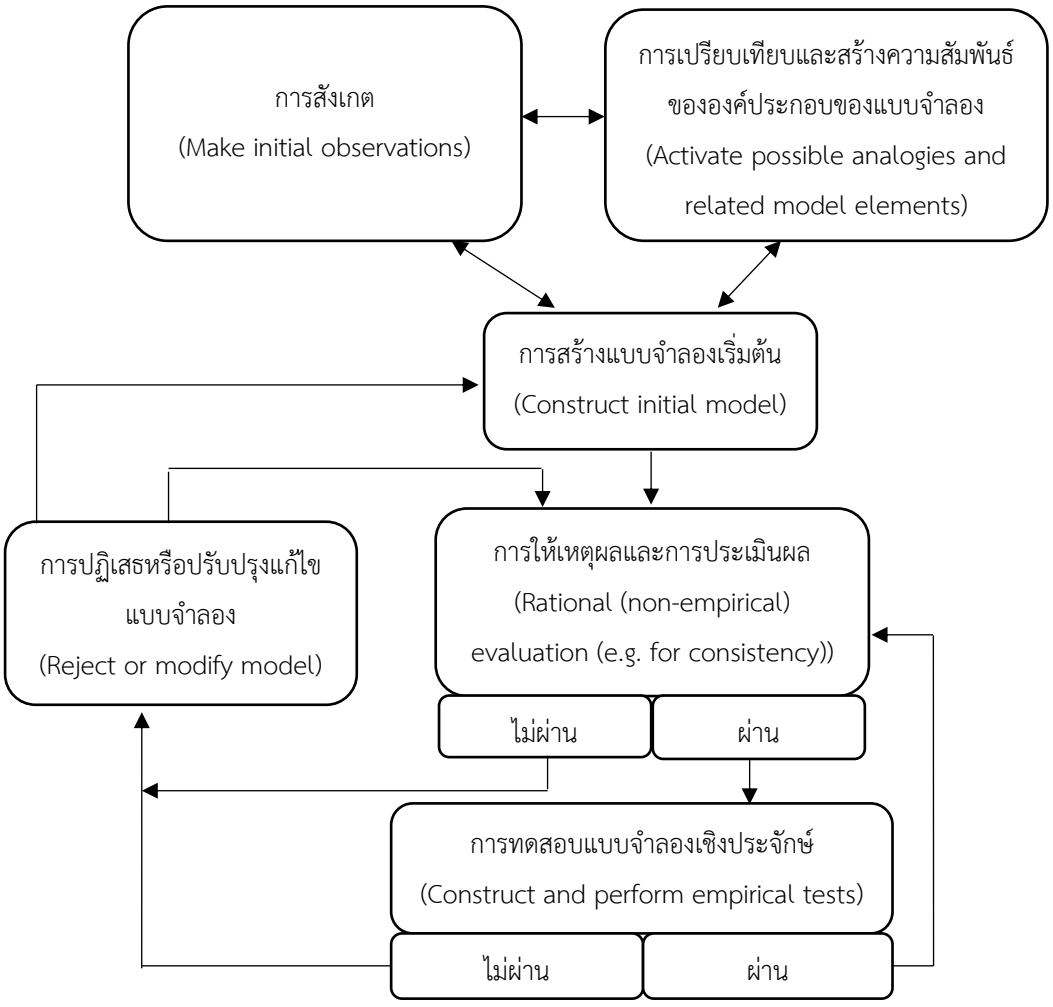
7) ควรมีการประเมินผลในลักษณะที่เป็น “goal free evaluation” คือ ประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของนักเรียนแต่ละคน การประเมินผลควรใช้วิธีที่หลากหลายและใช้เกณฑ์ในโลกของความเป็นจริง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ครูผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทจากการถ่ายทอดความรู้โดยตรงไปเป็นผู้ช่วยเหลือในการเรียนรู้ ช่วยสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน จัดเตรียมกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการที่ให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อนำเสนอและแสดงออกแบบจำลองร่วมกับการมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อน มีการนำแบบจำลองไปใช้และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยเชื่อว่าก่อนเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ผู้เรียนมีแบบจำลองจากความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาที่เกิดจากความรู้เดิม ซึ่งแต่ละคนมีความคิดที่แตกต่างกันและส่วนใหญ่จะแตกต่างกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

4.2 ขั้นตอนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

การศึกษาเรื่องแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางการศึกษาวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ.1980 จึงส่งผลให้เริ่มมีการตีพิมพ์บทความทั่วไปเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์ (Gilbert & Osborne, 1980) รวมทั้งศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในหัวข้อทางวิทยาศาสตร์ที่จำเพาะ ต่อมาปี ค.ศ.1990 นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เริ่มใช้แบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนในการช่วยสอน (Ingham & Gilbert, 1991) โดยการสร้างแบบจำลองถือเป็นวิธีการสร้างความรู้เริ่มต้นในบริบทของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Clement, 1989 อ้างถึงใน Gilbert & Justi, 2016) ในปี ค.ศ.1989 Clement ได้ศึกษาการแก้ปัญหาของนักวิทยาศาสตร์จากการตรวจสอบกระบวนการคิดและการตั้งสมมติฐาน จากการศึกษาดังกล่าวก่อให้เกิดแผนภาพวัฏจักรการสร้างแบบจำลอง (model construction cycle) ดังแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 แผนภาพวัฏจักรการสร้างแบบจำลอง (model construction cycle)
(ที่มา: Clement, 1989)

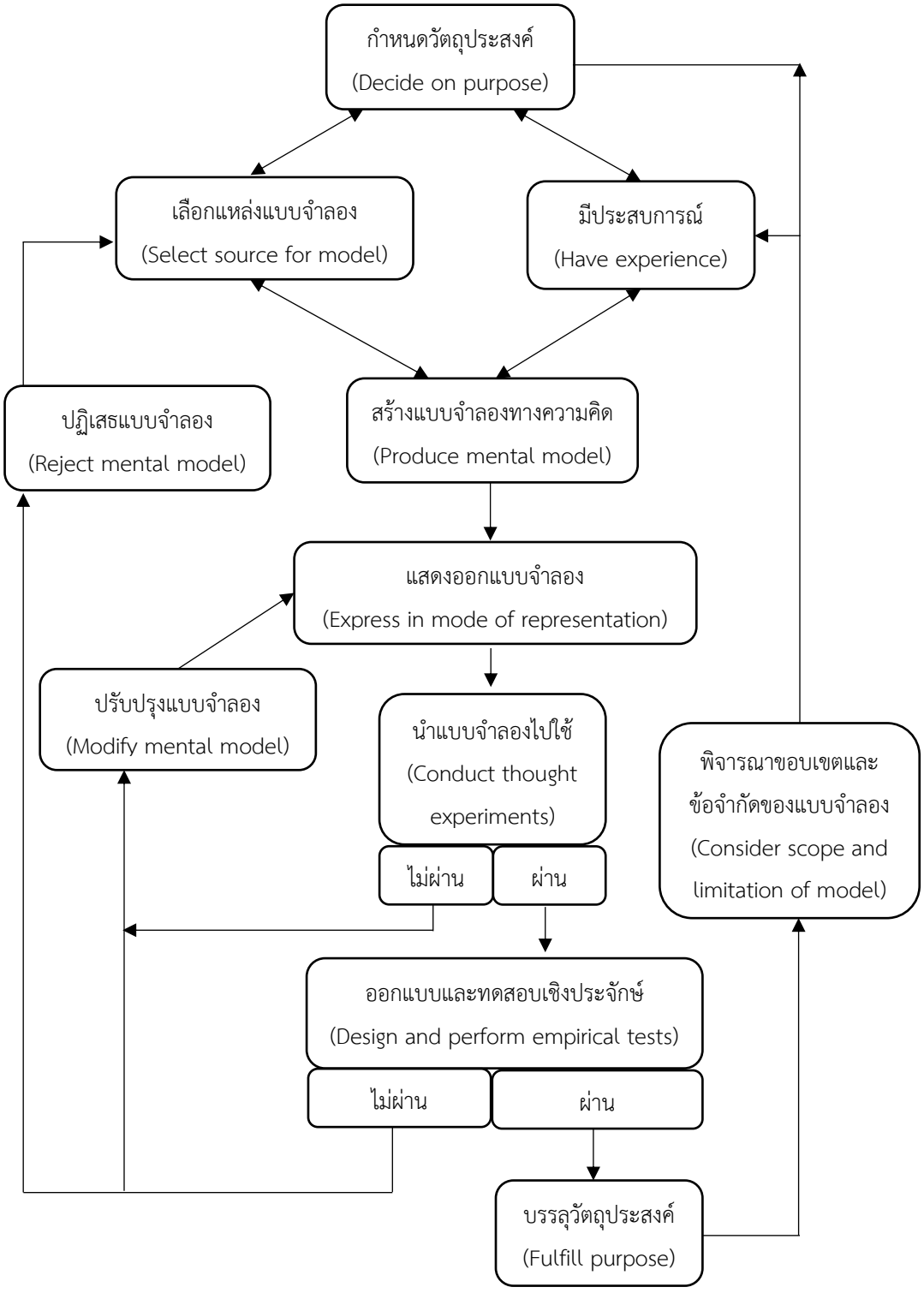
CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

จากแผนภาพที่ 5 นำเสนอวัฏจักรการสร้างแบบจำลอง เริ่มจาก 3 ขั้นตอนแรกที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ การสังเกต การเปรียบเทียบและสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอนเป็นจุดเริ่มต้นของการตั้งสมมติฐาน จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ และทดสอบแบบจำลองเชิงประจักษ์เพื่อพิจารณาว่าควรปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่จนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์สอดคล้องกับสมมติฐาน โดยแผนภาพวัฏจักรการสร้างแบบจำลองจะช่วยชี้แนะผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมประสบการณ์ของนักเรียน

จากนั้นในปี ค.ศ.2002 Gilbert และ Justi ได้พัฒนาแผนภาพแสดงกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้ชื่อว่า แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling) ดังแผนภาพที่ 6 ซึ่งในภายหลังได้มีการเพิ่มเติมรายละเอียดของแผนภาพกระบวนการสร้างแบบจำลองโดย Gilbert และ Justi ได้กำหนดระยะของกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังแผนภาพที่ 7

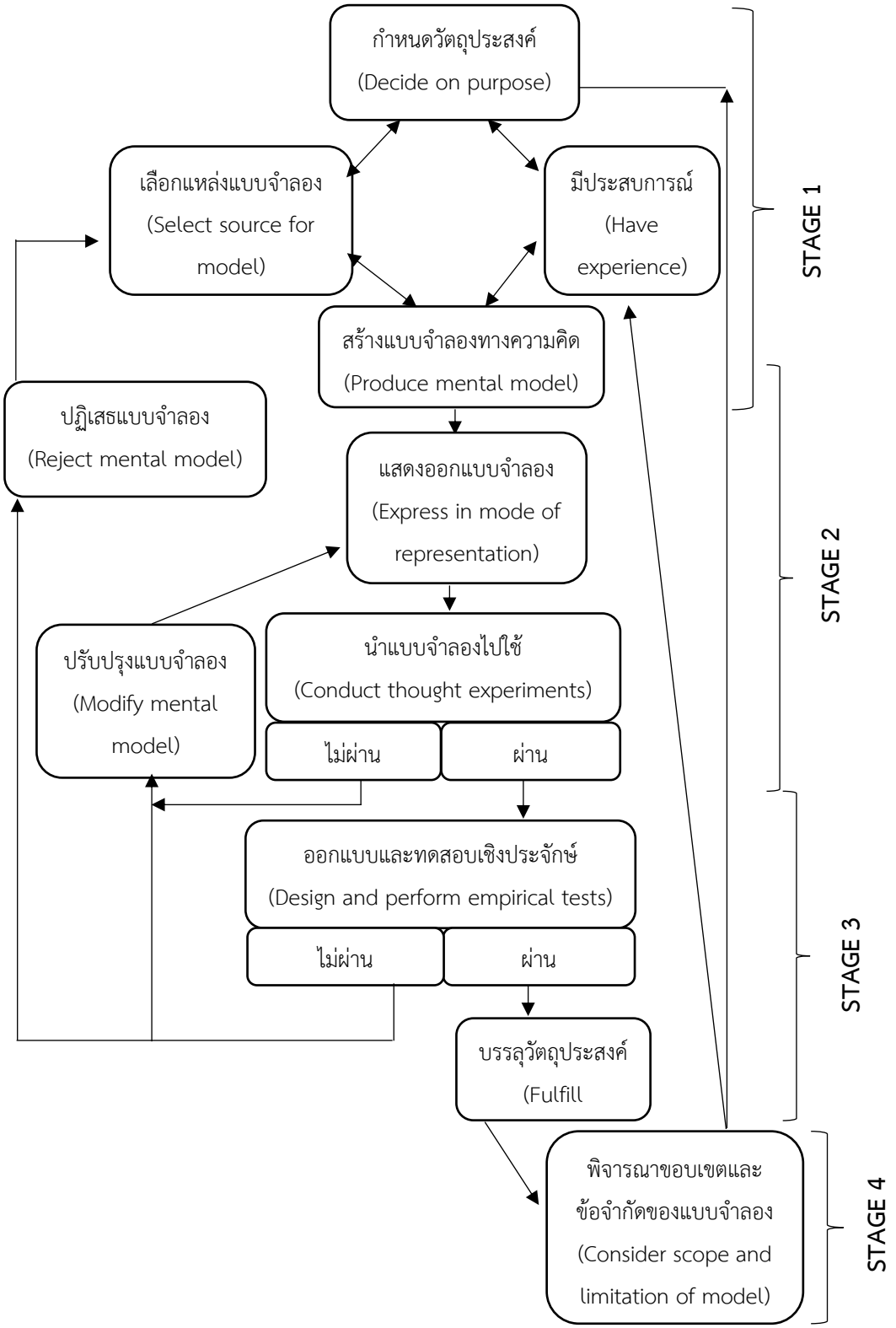
จากแผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง เริ่มจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เกิดจากกำหนดจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และประสบการณ์เดิมของผู้สร้างแบบจำลอง โดยทั้ง 4 หัวข้อนี้มีความสัมพันธ์กัน จัดอยู่ในระยะที่ 1 จากนั้นระยะที่ 2 คือ การแสดงออกแบบจำลอง ระยะที่ 3 คือ การทดสอบแบบจำลองทางความคิดหรือการทดสอบเชิงประจักษ์ และระยะที่ 4 คือ การระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง ในขณะนั้น Gilbert และ Justi นิยามว่า แบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือแนวคิด ที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97



แผนภาพที่ 6 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling)
(ที่มา: Justi and Gilbert (2002))

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319



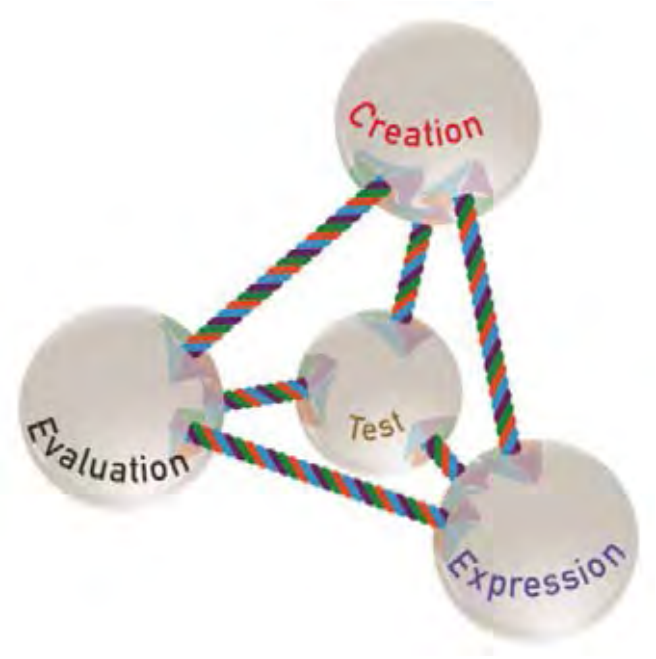
แผนภาพที่ 7 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling) รูปแบบปรับปรุง (ที่มา: Justi and Gilbert (2002))

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ต่อมาในปี ค.ศ.2016 Gilbert และ Justi สร้างแผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling v2) โดยปรับมาจากแผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของปี ค.ศ. 2002 เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น แสดงดังแผนภาพที่ 8 และได้ปรับเปลี่ยนมุมมองของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ

1) แบบจำลอง คือ สิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ที่หลากหลาย เช่น เพื่อให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เพื่อทำให้เป็นรูปธรรม เพื่อการทำนาย เพื่อการอธิบาย เพื่อออกแบบการทดลอง เป็นต้น ซึ่งความหลากหลายและบทบาทของแบบจำลองที่แตกต่างกันนี้ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2) กระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เป็นวัฏจักร และเกี่ยวข้องกัน



แผนภาพที่ 8 แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Model of Modelling v2)
ที่มา: Gilbert and Justi (2016)

จากแผนภาพที่ 8 แสดงแบบจำลองเป็นรูปทรงสี่หน้า เนื่องจากเป็นรูปทรงเรขาคณิตที่ทรงกลมมีระยะห่างเท่ากันทุกจุดและสามารถหมุนได้โดยไม่เปลี่ยนความสัมพันธ์ในแต่ละจุด ซึ่งเส้นเชื่อมต่อทรงกลมแต่ละลูกพันเป็นเกลียว 4 เส้น แสดงถึงกระบวนการรู้คิด (cognitive process) ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงเปรียบเทียบ (analogical reasoning) การแสดงจินตนาการ (imagistic representations) การทดลอง (thought experiments) และการโต้แย้ง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

(argumentation) ซึ่งทั้ง 4 กระบวนการเกิดขึ้นตลอดเวลาระหว่างกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยแผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยทรงกลม 4 ลูก หมายถึง กระบวนการสร้างแบบจำลอง 4 ระยะ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การแสดงออกแบบจำลอง การทดสอบแบบจำลอง และการประเมินแบบจำลอง สอดคล้องกับแผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของ Gilbert และ Justi ในปี 2002 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Creation of proto-model) หมายถึง การแสดงออกแบบจำลองทางความคิดเริ่มต้น โดยเกิดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ จุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง ประสบการณ์หรือความรู้เดิม และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

2. ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (Expression of the proto-model ⟶ production of the model) หมายถึง การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้นประเภทต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนภาพ การบรรยาย วัสดุ เป็นต้น โดยพิจารณาจากความเหมาะสมของบริบทที่ศึกษา

3. ระยะการทดสอบแบบจำลอง (Test of the model) หมายถึง การวางแผนดำเนินการตรวจสอบแบบจำลองว่าสามารถอธิบายได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ ต้องปรับปรุงแก้ไขหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดยอาจเป็นการทดสอบเชิงประจักษ์หรือการทดสอบทางความคิด

4. ระยะการประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the model) หมายถึง การนำแบบจำลองที่เป็นมติไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม รวมทั้งระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-based teaching) โดยใช้กรอบแนวคิดแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของ Gilbert and Justi (2016) ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังต่อไปนี้

1. ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Creation of a proto-model)

2. ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (Expression of the proto-model ⟶ production of the model)

3. ระยะการทดสอบแบบจำลอง (Test of the model)

4. ระยะการประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the model)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ได้มีนักการศึกษาที่นำการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานมาใช้ เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด ในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555) เคมีอินทรีย์ (ธณัฏฐา คงทน, 2557) โครงสร้างอะตอม (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) และพันธะเคมี (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) โดยผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูจะเปลี่ยนบทบาทจากการให้คำตอบที่ถูกต้องแก่นักเรียนโดยตรงเป็นการให้คำแนะนำที่ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อสร้างแบบจำลอง และทดสอบแบบจำลองของตนเองจนนำไปสู่การให้เหตุผลที่สามารถตอบคำถามจากข้อสงสัยได้ อีกทั้งมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการใช้สถานการณ์ที่น่าสนใจร่วมกับการใช้คำถาม ใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับจุลภาค ระดับมหภาค และระดับสัญลักษณ์ ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียนซึ่งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาความรู้ โดยข้อเสนอแนะของงานวิจัย คือ ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้สร้าง ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเอง ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยครูต้องเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนและต้องเข้าใจบทบาทของตนเองในระหว่างการทำกิจกรรม (Justi, 2009; Maia & Justi, 2009) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานจึงช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องที่ศึกษาได้

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี พบว่า มีการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนโดยมีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Teaching and Learning) Gobert and Pallant (2004) โดยนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากจะมีความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์น้อย (Gobert & Pallant, 2004; ศุภกาญจน์ รัตนากร, 2552) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนจากการสร้างแบบจำลองผ่านคอมพิวเตอร์ (Computerized Molecular Modeling: CMM)

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

(Dori & Kaberman, 2012) และเรื่อง ระบบนิเวศทางทะเล โดยเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (modeling-based approach) ร่วมกับโปรแกรม Stagecast Creator และแนวทางการให้งานเป็นฐาน (worksheet-based approach) Papaevripidou, Constantinou, and Zacharia (2007) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่ดีจะสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาในระดับจุลภาค ระดับมหภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่น้อยกว่า ส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งมีการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองโดยใช้บทความการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี เรื่อง แก๊สในอุดมคติ พบว่า หลังจากอ่านบทความการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องแก๊สและสมรรถนะในการสร้างแบบจำลองที่ดีขึ้น (Jong et al., 2015) และมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนรู้จากแบบจำลองที่กำหนดให้ เรื่อง โครงสร้างโมเลกุล (Sikosek & Zuzelj, 2013) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจะมีความเข้าใจในสิ่งที่เรียนได้ดีและยั่งยืนกว่านักเรียนที่เรียนรู้จากแบบจำลองที่กำหนดให้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการประเมินแบบจำลอง จนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ได้ โดยอาศัยสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและการเรียนรู้ร่วมกัน

↓

การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน (Modelling-Based Teaching) คือ การใช้กิจกรรมการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอน โดยสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของนักเรียน มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างนักเรียนกับเพื่อนและนักเรียนกับผู้สอนประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่

1. ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Creation of a proto-model)
2. ระยะการแสดงออกแบบจำลอง (Expression of the proto-model)
3. ระยะการทดสอบแบบจำลอง (Test of the model)
4. ระยะการประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the model)

↓

สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง คือ ความรู้ ทักษะและความสามารถที่แสดงให้เห็นในกระบวนการสร้างแบบจำลอง จนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องตามสถานการณ์ที่กำหนด ประกอบด้วย

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง ได้แก่
   1.1 การสร้างแบบจำลอง
   1.2 การนำแบบจำลองไปใช้
   1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง
2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง ได้แก่
   2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง
   2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง
3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี คือ คะแนนที่ได้จากการวัดความรู้ความสามารถของนักเรียน ประกอบด้วย 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและเปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ได้มีการวางแผนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ซึ่งเป็นการออกแบบการวิจัยที่มีกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเดียว (วรรณี แกมเกตุ, 2555) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

แผนภาพที่ 9 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design)

กลุ่มเป้าหมาย	O_1 ..... X ..... O_2

O_1 หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองด้วยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นก่อนเรียน

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

O_2 หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองด้วยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นหลังเรียนและเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนด้วยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นหลังเรียน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

การเลือกกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนใช้วิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน ดังต่อไปนี้ โรงเรียนที่เลือกเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เปิดสอนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นโรงเรียนที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้เคมี เช่น มีสื่อการเรียนการสอนและโสตทัศนูปกรณ์ที่ทันสมัย มีห้องปฏิบัติการทางเคมี วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับจำนวนนักเรียน ทำให้สะดวกต่อการจัดการเรียนการสอน

2.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) คือ เลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 43 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ทั้งนี้ได้รับอนุญาตจากทางโรงเรียนและครูผู้สอนรายวิชาเคมี 3 ให้ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลองและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน จึงได้กำหนดให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจัดกลุ่มโดยการคละความสามารถระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มกลางและกลุ่มอ่อน โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคปลาย เป็นข้อมูลในการจัดกลุ่มนักเรียน เป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มกลางและกลุ่มอ่อน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเคมีอินทรีย์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.2.1 แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน

3.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาโดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเคมีเพิ่มเติม และวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อกำหนดเนื้อหาของบทเรียนให้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา โดยเนื้อหาเคมีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เคมีอินทรีย์

(2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ตามแนวคิดของ Gilbert et al. (2016) จากนั้นวิเคราะห์บทบาทครูและนักเรียนตามการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน สรุปได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 บทบาทครูและนักเรียนตามการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

ระยะกระบวนการสร้างแบบจำลอง	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น	1) กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้คำถามหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ 2) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับสิ่งที่กำลังศึกษา	1) เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ 2) เข้าใจจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ระยะกระบวนการสร้างแบบจำลอง	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	3) สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนด	3) สืบค้น รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง
2. ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง	1) ชี้แนะการสื่อสารที่ชัดเจนเกี่ยวกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายแนวคิดที่ใช้สร้างแบบจำลอง 2) ชี้แนะให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง 3) ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง 4) นำอภิปรายเปรียบเทียบแบบจำลองแต่ละกลุ่ม 5) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของตนเองหลังจากอภิปรายในชั้นเรียน	1) แสดงแบบจำลองที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด 2) นำเสนอแบบจำลองภายในกลุ่มและในชั้นเรียน 4) อภิปรายเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองกลุ่มกับแบบจำลองของเพื่อนในชั้นเรียน 5) นำข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
3. ระยะการทดสอบแบบจำลอง	1) สนับสนุนการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการทดลอง 2) ชี้แนะนักเรียนในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของการทดลอง 3) กระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น 4) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	1) ดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 3) ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 4) สรุปความคิดเห็นในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 5) สร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ของชั้นเรียน
4. ระยะการประเมินแบบจำลอง	1) กำหนดบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม 2) นำอภิปรายขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง	1) นำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ 2) ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

(3) กำหนดเนื้อหาและจำนวนคาบเรียน เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจำแนกออกเป็น 5 แผน จำนวน 19 คาบเรียน ๆ ละ 50 นาที สรุปได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์

แผนลำดับที่	เนื้อหา	จำนวนคาบเรียน (ใช้เวลา 50 นาที ต่อ 1 คาบเรียน)
1	พันธะของคาร์บอน	4
2	การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	4
3	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	3
4	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	4
5	สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	4
	รวม	19

(4) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่กำหนด โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยการเรียนการสอน 4 ระยะ ตามแนวคิดของ Gilbert et al. (2016) ได้แก่ 1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น คือ การกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยใช้การสาธิต การชมวิดีทัศน์ และการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น 2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง คือ การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้น เช่น แผนภาพสมการเคมี การบรรยาย โมเดล 3 มิติ เป็นต้น พร้อมกับการอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปแบบจำลองที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การสร้างแบบจำลอง 3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง คือ การตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้กิจกรรมการสืบสอบต่าง ๆ เช่น การทดลอง เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ลงข้อสรุปและการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และ 4) ระยะการประเมินแบบจำลอง คือ การนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม พร้อมทั้งการระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก ง) โดยแบบจำลองที่ใช้สำหรับการสอนและแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สรุปได้ดังตารางที่ 14

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ตารางที่ 14 แบบจำลองสำหรับการสอนและแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้าง เรื่อง เคมีอินทรีย์

หัวข้อ	แบบจำลองที่ครูใช้	แบบจำลองที่กำหนดให้นักเรียนสร้าง
1. พันธะของคาร์บอน 1.1 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ 1.2 ไอโซเมอริซึม	- แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหว ได้แก่ แบบจำลองโมเลกุลจากโปรแกรม ChemDraw - แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2 มิติแสดงโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ - แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ ชุดแบบจำลองโมเลกุล	- แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ การอธิบายหลักการเขียนไอโซเมอร์
2. การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ 2.1 การแบ่งประเภทสารประกอบอินทรีย์ 2.2 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	- แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ ชุดแบบจำลองโมเลกุล - แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ การอธิบายหลักการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	- แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ การอธิบายหลักการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์
3. สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ 3.1 สมบัติบางประการของสารประกอบอินทรีย์ 3.2 ประเภทของสารประกอบอินทรีย์	- แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ ได้แก่ สมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยา - แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหว ได้แก่ แบบจำลองโมเลกุลจากโปรแกรม	- แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2 มิติ แสดงการละลายน้ำของสารประกอบอินทรีย์

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

หัวข้อ	แบบจำลองที่ครูใช้	แบบจำลองที่กำหนดให้นักเรียนสร้าง
	ChemDraw - แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ ชุดแบบจำลองโมเลกุล - แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2 มิติแสดงการเกิดปฏิกิริยา	
4. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ 4.1 แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ 4.2 แอลดีไฮด์และคีโตน 4.3 กรดคาร์บอกซิลิก 4.4 เอสเทอร์	- แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ ได้แก่ สมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยา - แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหว ได้แก่ แบบจำลองโมเลกุลจากโปรแกรม ChemDraw - แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ ได้แก่ ชุดแบบจำลองโมเลกุล - แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2 มิติแสดงการเกิดปฏิกิริยา	- แบบจำลองที่แสดงด้วยสัญลักษณ์ ได้แก่ สมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยา - แบบจำลองที่แสดงจากแนวคิด ได้แก่ รูปภาพ 2 มิติ แสดงการเกิดปฏิกิริยา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้เคมีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ความชัดเจนของภาษา และระยะเวลาที่ใช้ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำการใช้ภาษาที่ถูกต้องและสื่อความหมาย ระบุบทบาทของนักเรียนในการทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งระบุระยะเวลาสำหรับการสร้างแบบจำลองและการนำเสนอแบบจำลองให้ชัดเจน

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ดังแสดงในภาคผนวก ก) เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ความชัดเจนของภาษา และระยะเวลาที่ใช้ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก จ) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

6.1) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ เสนอให้ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครอบคลุมกับสาระการเรียนรู้มากขึ้น

6.2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เสนอให้ปรับข้อคำถามโดยใช้ข้อความที่กระชับและภาษาที่ชัดเจน เข้าใจง่าย ปรับระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้กระชับมากขึ้นและเพิ่มข้อคำถามในขั้นการประเมินแบบจำลองเพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงขอบเขตและข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลอง

6.3) ด้านสื่อการเรียนรู้ ควรเพิ่มอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของจำนวนนักเรียน

(7) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

(8) ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 48 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ณ โรงเรียนเดียวกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้ภาษา และความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้

(9) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีประเด็นที่ต้องแก้ไขดังนี้

9.1) ปรับระยะเวลาในการทำใบงานในระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น โดยให้นักเรียนทำใบงานเพียงบางข้อแต่ครอบคลุมการเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ทุกรูปแบบ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

9.2) เพิ่มอุปกรณ์แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ จากเดิมมีอุปกรณ์เพียงชุดเดียว โดยปรับให้แต่ละกลุ่มได้รับแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ กลุ่มละ 1 ชุด เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้ทดลองต่อแบบจำลองด้วยตนเองและช่วยให้นักเรียนเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมชัดเจนมากขึ้น

9.3) ปรับกิจกรรม โดยกำหนดสูตรโครงสร้างของสารประกอบแอลเคนเพียงชนิดเดียว จากเดิมกำหนดสูตรโครงสร้างสารประกอบแอลเคนและแอลคีน และปรับระยะเวลาในการเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์จากกลุ่มละ 5 นาที เป็นกลุ่มละ 2 นาที

9.4) ปรับระยะเวลาในการอภิปราย จากกลุ่มละ 1 นาที เป็นกลุ่มละ 2 นาที

9.5) ปรับใบงานที่ 1 เรื่องการเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ โดยเพิ่มรูปภาพของสารประกอบอินทรีย์แบบ 3 มิติ เพื่อให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบกับแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติที่แต่ละกลุ่มได้ทำกิจกรรม

(10) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ประกอบด้วย แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3.2.1 แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง มีจำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน โดยเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบจำนวน 5 ข้อ เพื่อวัดการสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง และการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยแบบทดสอบทั้งสองฉบับนี้เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel tests) โดยมีขั้นตอนดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ตามแนวคิดของ Papaevripidou (2012, 2014) และ Gobert et al. (2002) เพื่อนิยามความหมายและพฤติกรรมบ่งชี้ขององค์ประกอบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทั้ง 6 องค์ประกอบ ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง และการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้าง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แบบจำลอง โดยกำหนดความหมายและพฤติกรรมบ่งชี้ของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ตารางนิยามองค์ประกอบ ความหมาย และพฤติกรรมบ่งชี้ขององค์ประกอบสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

องค์ประกอบ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง		
1.1 การสร้างแบบจำลอง	การนำความรู้เดิมและความรู้ใหม่ มาสร้างเป็นแผนภาพ สมการเคมี การอธิบาย เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ	1) สร้างแบบจำลอง 2) ระบุองค์รายละเอียดของแบบจำลอง 3) อธิบายการเกิดและสาเหตุของการเกิดสถานการณ์หรือปรากฏการณ์
1.2 การนำแบบจำลองไปใช้	การอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม	1) ใช้แบบจำลองอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ 2) ใช้แบบจำลองในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม
1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง	การพิจารณาความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนของแบบจำลองในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ	1) ระบุความแตกต่างของแบบจำลอง 2) เลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับปรากฏการณ์
2. การตระหนักรู้เกี่ยวการสร้างแบบจำลอง		
2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง	ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนของแนวคิด หลักการ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ	อธิบายธรรมชาติของแบบจำลอง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

องค์ประกอบ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	การอธิบายจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลองหรือประโยชน์ในการนำแบบจำลองไปใช้	ระบุจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง เช่น 1) เครื่องมือสื่อสาร 2) สิ่งช่วยในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 3) ตัวแทนสำหรับสถานการณ์ที่กำลังศึกษา 4) เครื่องมือสำหรับทดสอบการคาดการณ์
3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	การรู้ขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสร้างแบบจำลองที่แต่ละบุคคลสะสมไว้ในระยะยาว	อธิบายขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ) 2) เลือกประเภทของแบบจำลอง 3) สร้างแบบจำลอง 4) เปรียบเทียบแบบจำลองกับแบบจำลองอื่น 5) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 6) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

(2) นำพฤติกรรมบ่งชี้ไปกำหนดเกณฑ์การประเมินของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้แนวทางของ Papaevripidou (2012) Papaevripidou et al. (2014) และ Gobert et al. (2002) ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค)

(3) ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาบทเรียนที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่จะสร้างแบบทดสอบ จากนั้นสร้างแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนจากเนื้อหารายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาที่นักเรียนเรียนมาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

กับพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบ โดยเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ ระยะเวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบ 100 นาที โดยกำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับก่อนเรียน

หัวข้อการเรียนรู้	**จำนวนข้อทดสอบ**	**องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง**
1. พันธะของคาร์บอน	3	การนำแบบจำลองไปใช้ การสร้างแบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	2	การสร้างแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง การตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง
รวม	5	

(6) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละข้อคำถาม รวมทั้งความชัดเจนของคำถามและความเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง เฉลย และเกณฑ์การให้คะแนนที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความชัดเจนของข้อคำถาม และความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา โดยเกณฑ์การให้คะแนน คือ

แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงตามจุดประสงค์ ได้ +1

ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ ได้ 0

แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงตามจุดประสงค์ ได้ -1

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากนั้นพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ทั้งนี้เสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน สรุปได้ดังนี้

7.1) ด้านภาษาที่ใช้ ให้ปรับการใช้ภาษาให้สื่อความหมายและชัดเจนในข้อคำถามที่ 1 และข้อคำถามที่ 5

7.2) ด้านเกณฑ์การประเมิน ให้ปรับเกณฑ์ในการประเมินแต่ละระดับขององค์ประกอบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่นำไปใช้จริงในข้อคำถามที่ 1 2 และ 5

(8) ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นทดลองใช้แบบทดสอบกับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ด้วยการหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบทดสอบกับนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 28 คน ผลการตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.32 – 0.64 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.50 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.82 (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ)

(9) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัย (rater agreement index; RAI) พบว่ามีค่าระหว่าง 0.88 – 0.96 ซึ่งมีความสอดคล้องกัน (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ)

(10) จัดพิมพ์แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับสมบูรณ์ จากนั้นนำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองก่อนเรียน

(11) สร้างแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียน โดยการสร้างแบบทดสอบหลังเรียนจะมีการกำหนดสถานการณ์ในลักษณะเช่นเดียวกับหรือคล้ายกันกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียน เช่น ใช้สารต่างชนิดกันแต่สถานการณ์เดียวกัน เป็นต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ จาก

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

เนื้อหาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ เพื่อวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง และจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 100 นาที โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับตรวจคำตอบเช่นเดียวกับแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน โดยกำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับหลังเรียน

หัวข้อการเรียนรู้	จำนวนข้อทดสอบ	องค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง
1. พันธะของคาร์บอน	1	การนำแบบจำลองไปใช้ ธรรมชาติของแบบจำลอง
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	2	การสร้างแบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง
3. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	2	การสร้างแบบจำลอง การเปรียบเทียบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง การตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง
รวม	5	

(13) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียนพร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละข้อคำถาม รวมทั้งความชัดเจนของคำถามและความเหมาะสมของการใช้ภาษา และพิจารณาความเป็นแบบวัดคู่ขนานของข้อคำถามระหว่างฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(14) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง เฉลย และเกณฑ์การให้คะแนนที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความชัดเจนของข้อคำถาม ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา และพิจารณาว่าข้อคำถามฉบับหลังเรียนสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียนได้ โดยเกณฑ์การให้คะแนน คือ

แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงตามจุดประสงค์	ได้ +1
ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงตามจุดประสงค์หรือไม่	ได้ 0
แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงตามจุดประสงค์	ได้ -1

จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ) ทั้งนี้ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ฉบับหลังเรียน สรุปได้ดังนี้

14.1) ด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ แก้ไขในส่วนของแผนภาพแสดงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในข้อที่ 1 โดยให้ใช้เป็นแผนภาพ 3 มิติที่แสดงจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้มีความชัดเจน และปรับการใช้ภาษาให้สื่อความหมาย

14.2) ด้านเกณฑ์การประเมิน ปรับเกณฑ์ในการประเมินแต่ละระดับขององค์ประกอบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่นำไปใช้จริงในข้อคำถามที่ 1 และ 4

(15) ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นทดลองใช้แบบทดสอบกับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องเคมีอินทรีย์มาแล้ว เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ด้วยการหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แบบทดสอบกับนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 28 คน ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเดียวกับกลุ่มเป้าหมาย ผลการตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.31 – 0.56 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.63 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.92 (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

(16) นำแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียนที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัย (rater agreement index; RAI) พบว่า มีค่าระหว่าง 0.83 – 0.96 ซึ่งมีความสอดคล้องกัน (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ)

(17) จัดพิมพ์แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับสมบูรณ์ จากนั้นนำวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียนไปใช้ เพื่อเก็บข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของกลุ่มเป้าหมายภายหลังการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

3.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

(1) ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เพื่อกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยประกอบด้วย 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

(2) กำหนดสัดส่วนของพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของหัวข้อการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ได้แก่ พันธะของคาร์บอน หมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เพื่อกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อคำถาม กำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน รวม 30 คะแนน โดยใช้เวลาทำแบบทดสอบ 100 นาที ซึ่งมีสัดส่วนจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ดังตารางที่ 18

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 18 สัดส่วนจำนวนข้อสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์

หัวข้อ	จำนวนข้อในแต่ละพฤติกรรม				รวม (ข้อ)	สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
	ความรู้ (20.7%)	ความเข้าใจ (24.1%)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (31%)	การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (24.2%)		
1. พันธะของคาร์บอน - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ - ไอโซเมอร์	2	2	1	2	7	**23.3**
2. หมู่ฟังก์ชัน	1	1	1	1	4	**13.3**
3. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน - สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	2	2	3	2	9	**30.0**
4. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ - แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ - แอลดีไฮด์และคีโตน - กรดคาร์บอกซิลิก - เอสเทอร์	1	2	4	3	10	**33.3**
รวม (ข้อ)	**6**	**7**	**9**	**8**	**30**	**100**

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

(3) กำหนดช่วงคะแนนเพื่อวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 19 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80 – 100	ดีเยี่ยม
70 – 79	ดี
60 – 69	พอใช้
50 – 59	ผ่าน
0 - 49	ไม่ผ่าน

(4) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้านและผลการเรียนรู้ที่ได้ระบุไว้ ในตารางที่ 18

(5) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละข้อคำถาม รวมทั้งความชัดเจนของคำถามและความเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

ผลการพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา พบว่ามีข้อควรปรับปรุงแก้ไขดังนี้

5.1) ด้านเนื้อหาและการใช้ภาษา ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยเฉพาะด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ แก้ไขความถูกต้องของการดุลสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปรับแก้ไขข้อคำถามและตัวเลือกให้มีความชัดเจน

5.2) ด้านระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ แก้ไขระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ จาก “50 นาที” เป็น “100 นาที”

(6) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความชัดเจนของข้อคำถาม ความสอดคล้องของเนื้อหากับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 – 1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี สรุปได้ดังนี้

6.1) ด้านความชัดเจนของข้อคำถาม แก้ไขคำที่สะกดผิด ปรับความยาวและภาษาของข้อคำถามให้กระชับและชัดเจน ในข้อที่ 10

6.2) ด้านความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องกับเนื้อหา ไม่ให้สื่อความหมายกำกวม ในข้อที่ 8 และข้อที่ 9

6.3) ด้านความสอดคล้องของเนื้อหากับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ปรับข้อคำถามและตัวเลือกให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ในข้อที่ 5 10 18 และข้อที่ 28

(7) นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและนำมาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้งหนึ่ง

(8) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องเคมีอินทรีย์มาแล้ว เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ด้วยการหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบทดสอบกับนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 26 คน ผลการตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.29 – 0.88 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.83 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.86 (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก จ) ซึ่งผลการทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า มีข้อสอบจำนวน 1 ข้อ ที่ไม่สามารถจำแนกได้ ดังนั้นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีจึงมีจำนวน 29 ข้อ

(9) นำผลการทดลองใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ จากนั้นจัดพิมพ์แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีภายหลังการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 การเตรียมและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.1.1 เตรียมนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการแนะนำรายวิชาเรียน จุดประสงค์รายวิชา การวัดและประเมินผล

4.1.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยการวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ด้วยแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมี ฉบับก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 100 นาที

4.1.3 แนะนำวิธีการเรียนตามขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานให้กับนักเรียน 2 ประเด็น คือ (1) ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนเคมีด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน และ (2) บทบาทของนักเรียนที่ต้องปฏิบัติในระหว่างการจัดการเรียนการสอน

4.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ดำเนินการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จำนวน 5 แผน เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 19 คาบ โดยเริ่มการทดลองในช่วงสัปดาห์ที่ 1 เดือนพฤศจิกายน และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ระยะเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 5 แผน

แผนที่	หัวข้อเรื่อง	เวลา	ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน
1	พันธะของคาร์บอน	100 นาที	1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น - เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบบิวเทนจากความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้รับ
		50 คาบ	2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง - เขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบเฮกเซนจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองอธิบายหลักการเขียนไอโซเมอร์
		30 นาที	3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

แผนที่	หัวข้อเรื่อง	เวลา	ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน
			- เขียนไอโซเมอร์จากสูตรโมเลกุลที่กำหนด - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
		20นาที	4) ระยะการประเมินแบบจำลอง - ระบุของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองอธิบายหลักการเขียนไอโซเมอร์
2	การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	15 นาที	1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น - ตรวจสอบความรู้เดิมโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างชื่อสารประกอบอินทรีย์ - ครูยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีหลายไอโซเมอร์เพื่อนำไปสู่การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์
		85 นที	2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง - สร้างแบบจำลองอธิบายหลักการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคน
		15 นาที	3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง - อ่านชื่อสารประกอบแอลเคนจากสูตรโครงสร้างที่กำหนด - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
		85 นาที	4) ระยะการประเมินแบบจำลอง - ระบุของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง - ร่วมกันสรุปหลักการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ
3	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	50 นาที	1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น - ให้นักเรียนชมวิดีทัศน์การละลายน้ำของสารประกอบเฮกเซนและเอทานอลและร่วมอภิปรายสาเหตุของการละลายน้ำ
		50 นาที	2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพแบบจำลองแสดงการ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนที่	หัวข้อเรื่อง	เวลา	ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน
			ละลายน้ำของสารประกอบเฮกซีน เมทานอล เอทิลแอซีเตต และกรดบิวทาโนอิก กลุ่มละ 1 ชนิด
		20 นาที	3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง - ทดสอบการละลายน้ำของสารประกอบเฮกซีน เมทานอล เอทิลแอซีเตต และกรดบิวทาโนอิก - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
		30 นาที	4) ระยะการประเมินแบบจำลอง - ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง
4	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	50 นาที	1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น - ชมวิดีทัศน์การทดสอบปฏิกิริยาของเบนซีนและไซโคลเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$
		50 นาที	2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง - สร้างแบบจำลองการเกิดปฏิกิริยาของเฮกเซนและเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$
		50 นาที	3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง - ทำการทดลอง เรื่องสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
		50 นาที	4) ระยะการประเมินแบบจำลอง - ระบุของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ
5	สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	25 นาที	1) ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น - ให้นักเรียนชมวิดีทัศน์การทดสอบการเกิดปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ด้วย $NaHCO_3$
		25 นาที	2) ระยะการแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้น

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนที่	หัวข้อเรื่อง	เวลา	ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน
			จนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง
			- ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์
		100 นาที	3) ระยะการทดสอบแบบจำลอง
			- ทำการทดลอง เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์และปฏิกิริยาของเอสเทอร์
			- ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
		50 นาที	4) ระยะการประเมินแบบจำลอง
			- ระบุของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จากเครื่องมือ 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางเคมี ฉบับหลังเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางเคมีมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภทมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

5.1.1 ระบุระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของกลุ่มเป้าหมายในแต่ละองค์ประกอบจากแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยตรวจให้คะแนนตามแนวทางของ Gobert et al. (2002) และ Papaevripidou (2012, 2014) ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (ดังแสดงในภาคผนวก ค)

5.1.2 เปรียบเทียบระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของกลุ่มเป้าหมายในแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาการเลือกใช้สถิติที่ทดสอบจากข้อตกลงเบื้องต้นโดยดูการกระจายของระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน หากมีการกระจายแบบโค้งปกติจะใช้สถิติพาราเมตริก ด้วยสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ (dependent t-test) แต่หากมีการ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

กระจายไม่ใช่โค้งปกติจะใช้สถิตินอนพาราเมตริก ด้วยสถิติทดสอบเครื่องหมาย-อันดับของวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Ranks test) กรณี 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (Two-Related-Samples Tests) เพื่อสรุปว่าผลการทดลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันหรือไม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

5.2.1 หาคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{เฉลี่ย}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังการทดลองและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีกับเกณฑ์ระดับดี โดยกำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบทีของกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test)

5.2.2 นำค่าเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีโดยรวมและแต่ละด้านพฤติกรรมมาเทียบกับช่วงคะแนนของระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

5.2.3 นำค่าเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมาวิเคราะห์หาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยเทียบกับเกณฑ์ประเมินระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80 – 100	ดีเยี่ยม
70 – 79	ดี
60 – 69	พอใช้
50 – 59	ผ่าน
0 - 49	ไม่ผ่าน

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้คือกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน โดยเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง และเก็บข้อมูลหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน

ตอนที่ 1 สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

การวิเคราะห์สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1. การเปรียบเทียบระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนเรียนและหลังเรียน โดยองค์ประกอบของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ และการเปรียบเทียบแบบจำลอง 2) การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย ธรรมชาติของแบบจำลอง และจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง และ 3) การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง และ 2. เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองในแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน มีจำนวน 5 ข้อ โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1. การเปรียบเทียบระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนเรียนและหลังเรียน

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นการแจกแจงแบบไม่ปกติ การทดสอบความแตกต่างของระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน พิจารณาโดยใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon signed ranks test ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่ามัธยฐาน (Med) ระดับของสมรรถนะเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และการทดสอบความแตกต่างของระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนก่อนและหลังเรียน

สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง		Med	$\bar{x}$	*SD*	Wilcoxon signed ranks test	*p*
1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง						
การสร้างแบบจำลอง	ก่อนเรียน	1	1.30	0.74	5.769	0.00*
	หลังเรียน	5	4.60	0.93		
การนำแบบจำลองไปใช้	ก่อนเรียน	1	1.33	0.64	5.546	0.00*
	หลังเรียน	4	3.58	0.73		
การเปรียบเทียบแบบจำลอง	ก่อนเรียน	1	1.63	0.76	4.223	0.00*
	หลังเรียน	3	2.56	0.70		
2) การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง						
ธรรมชาติของแบบจำลอง	ก่อนเรียน	2	1.81	0.63	5.477	0.00*
	หลังเรียน	3	2.81	0.50		
จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	ก่อนเรียน	1	1.33	0.75	5.663	0.00*
	หลังเรียน	4	3.63	0.66		
3) การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ก่อนเรียน	1	0.93	0.74	5.674	0.00*
	หลังเรียน	3	2.88	0.32		

*p < .05

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากตารางที่ 22 พบว่า ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 มีเพียงองค์ประกอบของธรรมชาติของแบบจำลองที่อยู่ในระดับ 2 หลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนมีระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง และจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยอยู่ในระดับที่สูงที่สุด ส่วนระดับขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลองและการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทดสอบความแตกต่างของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบ Wilcoxon Signed Ranks test พบว่า ระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองในแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังตารางที่ 23 ถึงตารางที่ 28

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การนำแบบจำลองไปใช้ และ 3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งผลการวิจัยเป็นดังแสดงในตารางที่ 23 - 25

ตารางที่ 23 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

(n = 43)

ระดับขององค์ประกอบ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
การสร้างแบบจำลอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	35	81.40	2	4.65
2	5	11.63	0	0
3	1	2.32	1	2.33
4	2	4.65	7	16.28
5	0	0	33	76.74
รวม	43	100	43	100

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จากตารางที่ 23 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง ระดับ 5 จำนวน 33 คน ระดับ 4 เพิ่มขึ้นเป็น 7 คน และนักเรียนที่มีระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลองคงเดิมคือระดับ 1 มีจำนวน 2 คน

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43)

ระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	33	76.75	2	4.65
2	6	13.95	0	0
3	4	9.30	12	27.91
4	0	0	29	67.44
รวม	43	100	43	100

จากตารางที่ 24 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้ ระดับ 4 จำนวน 29 คน และระดับ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 12 คน และนักเรียนที่มีระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้คงเดิมคือระดับ 1 มีจำนวน 2 คน

ตารางที่ 25 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43)

ระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	23	53.49	5	11.63
2	13	30.23	9	20.93
3	7	16.28	29	67.44
รวม	43	100	43	100

จากตารางที่ 25 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง ระดับ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 29 คน และระดับ 2 ลดลงจากเดิมเหลือ 9 คน และนักเรียนที่มีระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลองคงเดิมคือระดับ 1 มีจำนวน 5 คน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ 1) ธรรมชาติของแบบจำลอง และ 2) จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง ซึ่งผลการวิจัยเป็นดังแสดงในตารางที่ 26 - 27

ตารางที่ 26 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43)

ระดับขององค์ประกอบ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
ธรรมชาติของแบบจำลอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	13	30.23	2	4.65
2	25	58.14	4	9.30
3	5	11.63	37	86.05
4	0	0	0	0
รวม	43	100	43	100

จากตารางที่ 26 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลอง ระดับ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 37 คน และระดับ 2 ลดลงเหลือ 4 คน และนักเรียนที่มีระดับขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลองคงเดิมคือระดับ 1 มีจำนวน 2 คน

ตารางที่ 27 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43)

ระดับขององค์ประกอบจุดประสงค์	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	21	55.26	0	0
2	15	39.47	4	9.30
3	2	5.26	8	18.60
4	0	0	31	72.10
รวม	38*	100	43	100

* นักเรียนไม่ตอบคำถามจำนวน 5 คน

จากตารางที่ 27 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง ระดับ 4 จำนวน 31 คน

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ระดับ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 8 คน และระดับ 2 ลดลงเหลือ 4 คน โดยนักเรียนทุกคนมีระดับขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ผลการวิจัยเป็นดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 จำนวนและร้อยละขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 43)

ระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	20	66.67	0	0
2	10	33.33	5	11.63
3	0	0	38	88.37
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
รวม	30*	100	43	100

* นักเรียนไม่ตอบคำถามจำนวน 13 คน

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ระดับ 3 จำนวน 38 คน และระดับ 2 ลดลงเหลือ 5 คน และนักเรียนที่มีระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองคงเดิมคือระดับ 2 มีจำนวน 1 คน

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เป็นการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 29 คะแนน แบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1. ผลการศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 2. ผลการวิเคราะห์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน และ 3. ผลการศึกษาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1. ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และค่าทีของกลุ่มเป้าหมายเทียบกับเกณฑ์ (One sample t-test) จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			t	*p*
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*SD*		
คะแนนรวม	29	20.07	69.21	5.16	-0.278*	0.391

*$p < .05$

จากการศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แสดงดังตารางที่ 29 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเท่ากับ 20.07 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 69.21 จัดอยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับดีหรือร้อยละ 70

2. การวิเคราะห์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

พฤติกรรม	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*SD*	
ความรู้ความจำ	6	4.21	70.16	0.46	ดี
ความเข้าใจ	7	5.09	72.76	0.45	ดี
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9	5.84	64.86	0.48	พอใช้
การนำความรู้ไปใช้	7	4.95	70.76	0.46	ดี
คะแนนรวม	29	20.07	69.21	5.16	พอใช้

จากตารางที่ 30 เมื่อพิจารณาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนอยู่ในระดับพอใช้ โดยพฤติกรรมที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับดี คือ ความรู้ความจำ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ความเข้าใจและการนำความรู้ไปใช้ และพฤติกรรมที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับพอใช้ คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 31 จำนวนร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ช่วงคะแนนร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
ดีเยี่ยม	80 – 100	10	23.26
ดี	70 – 79	19	44.19
พอใช้	60 – 69	6	13.95
ผ่าน	50 – 59	0	0
ไม่ผ่าน	0 - 49	8	18.60
รวม		43	100

จากตารางที่ 31 เมื่อพิจารณาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระดับดี มีจำนวนมากที่สุด คือ 19 คน คิดเป็นร้อยละ 44.19 รองลงมา คือ ระดับดีเยี่ยม จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.26 ระดับไม่ผ่าน จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 18.60 และระดับพอใช้ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 13.95 และไม่พบนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระดับผ่าน ตามลำดับ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design) มุ่งศึกษาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ ได้แก่ 1. เปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน และ 2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังจากที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 43 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 19 คาบ เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ เก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองด้วยเครื่องมือ 2 ชุด ได้แก่ 1) แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนเท่านั้น การวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ Wilcoxon signed ranks test และสถิติทดสอบทีของกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one-group sample *t*-test)

สรุปการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.21 จัดอยู่ในระดับพอใช้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

อภิปรายผล

ในการวิจัย เรื่องผลการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัย โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ 1. สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และ 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน

1. สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

จากการเปรียบเทียบสมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุด คือ การสร้างแบบจำลอง การนำแบบจำลองไปใช้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง และจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง อันเนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 ลักษณะสำคัญในระยะของการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ส่งเสริมสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองเริ่มต้นและการนำเสนอแบบจำลอง เป็นระยะเริ่มต้นของการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันทั้งภายในกลุ่มและในชั้นเรียนผ่านการอภิปรายและโต้แย้งกัน นักเรียนได้เรียนรู้ถึงความแตกต่างของแบบจำลองกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน ส่งผลให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาจนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางความคิดในการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนเกิดความรู้และเข้าใจจนสามารถสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องตามจุดประสงค์การสร้างแบบจำลองนั้นได้ สอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558) ที่ระบุว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองและอภิปรายร่วมกัน จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิด (conceptual change) ที่มีอยู่เดิมให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จนสามารถสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ อีกทั้ง Justi (2009) ระบุว่า ลักษณะการเรียนการสอนที่จะช่วยพัฒนาการสร้างแบบจำลอง มีหลักการสำคัญคือนักเรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองดังเช่นนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งการได้เห็นถึงจุดเด่น จุดด้อย และข้อจำกัดของแบบจำลองแต่ละรูปแบบจะทำให้นักเรียนพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น (Maia & Justi, 2009; Sikosek & Zuzelj, 2013; ธณัฏฐา คงทน, 2557) นอกจากนี้รูปแบบการนำเสนอแบบจำลอง เป็นการนำเสนอแบบจำลองพร้อมกันทุกกลุ่ม นักเรียนจะ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ได้ทราบแบบจำลองของเพื่อนทุกกลุ่มพร้อมกัน มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้เป็นแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนตามจุดประสงค์การสร้างแบบจำลอง ซึ่งการพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของแบบจำลองต้องอาศัยการเปรียบเทียบแบบจำลองในการตัดสินใจดังกล่าว ดังที่ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ระบุว่าการนำเสนอแบบจำลองเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบแบบจำลอง เนื่องจากในระหว่างการนำเสนอแบบจำลองนักเรียนจะได้พิจารณาเปรียบเทียบแบบจำลองแต่ละรูปแบบ ทำให้เห็นถึงข้อจำกัด ข้อดี และข้อเสียของแบบจำลอง อีกทั้งการได้รับผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนระหว่างการนำเสนอแบบจำลอง จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด ทำให้ได้แนวคิดใหม่ที่ถูกต้อง มีความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามจุดประสงค์ที่กำหนด และเกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้จนนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองของตนเองให้ดียิ่งขึ้น (Acher et al., 2007; Schwarz et al., 2009)

2) การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น เมื่อนักเรียนได้สร้างแบบจำลองแล้ว ในระยะการสอนนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายหลักการ สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา รวมทั้งนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิม ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความถูกต้องเหมาะสมและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งสะท้อนถึงจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลองว่าถูกต้องเหมาะสมอย่างไร และทำให้นักเรียนมีระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้ที่สูงขึ้น โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบก่อนเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับ 1 โดยนักเรียนใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายลักษณะรูปร่างเท่านั้น เช่น *“เป็นแบบจำลองที่แข็งแรงมาก” “โมเลกุลเกาะตัวเป็นสี่เหลี่ยม”* อีกทั้งนักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองทั้งอธิบายปรากฏการณ์และนำไปใช้ในบริทบทใหม่ได้ แต่หลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับ 4 โดยสามารถนำแบบจำลอง 3 มิติไปใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น การใช้แบบจำลองโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเพื่ออธิบายประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ชื่อของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และการเกิดไอโซเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบซิสและทรานส์ พร้อมทั้งนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิมได้ สอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่ระบุว่าการที่นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองและนำแบบจำลองไปใช้ จะทำให้นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองและแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนจากการใช้แบบจำลองในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ประการที่ 2 การทำงานเป็นกลุ่มและจัดกลุ่มนักเรียนโดยการคละความสามารถ ช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการสร้างแบบจำลองให้ดีขึ้น การมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันภายในกลุ่มทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในมุมมองที่ต่างกัน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น เข้าใจจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลอง จนสามารถสร้างแบบจำลองได้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของวีก็อทสกี้ ที่กล่าวว่าปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทที่ก่อให้เกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา เป็นเหตุให้นักเรียนปรับความเข้าใจให้อยู่ในภาวะสมดุล จนกระทั่งเกิดความรู้ใหม่ขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2551; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558) อีกทั้ง ธณัฏฐา คงทน (2557) ระบุว่าการแบ่งกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันออกเป็นกลุ่มละ 4-5 คน จะทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในความคิดที่ต่างกัน อีกทั้งการแสดงความคิดเห็นโดยใช้ภาษาในวัยเดียวกันจะทำให้เกิดความมั่นใจ กล้าแสดงออก และเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น

อย่างไรก็ตาม พบว่า องค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลองและการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นไม่ถึงระดับที่สูงที่สุด คือ ระดับ 4 และ 5 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

1) แบบจำลองที่กำหนดให้นักเรียนสร้างส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองประเภทเดียวกัน นักเรียนจึงไม่มีโอกาสเลือกประเภทของแบบจำลองเท่าที่ควร ซึ่งเมื่อพิจารณาแบบวัดองค์ประกอบของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ระบุประเด็นการเลือกประเภทของแบบจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Justi (2009) ที่ได้กล่าวถึงการพัฒนาการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยกล่าวว่าปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการเรียนการสอนคือครูควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่มีขนาดแตกต่างกันและหลากหลายชนิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะทำให้นักเรียนตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการการสร้างแบบจำลอง

2) ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองมีทั้งหมด 6 ประเด็น ได้แก่ ความหมายของแบบจำลอง การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง ลักษณะของแบบจำลอง การเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง รายละเอียดของแบบจำลอง และความหลากหลายของแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นและตรวจสอบความเข้าใจของตนเองในบางประเด็นเท่านั้นเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอภิปรายมีจำกัด ทำให้นักเรียนไม่ได้รับการปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองให้ถูกต้องสมบูรณ์ในทุกประเด็น สอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานใช้เวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นครูควรกำหนดคำถามธรรมชาติของแบบจำลอง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ให้ครบถ้วนชัดเจนหรือควรบูรณาการธรรมชาติของแบบจำลองแต่ละประเด็นเข้าไปในบทเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายและสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองให้ครอบคลุมทุกประเด็น ซึ่งสิ่งสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง คือ นักเรียนต้องมีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่เพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจให้ถูกต้องสมบูรณ์ (Gilbert & Justi, 2016)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังจากที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนร้อยละ 69.21 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมติฐานข้อที่ 2 อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 การเกิดมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนระหว่างการอภิปรายเพื่อลงสู่ข้อสรุปแบบจำลองที่ถูกต้องภายในระยะเวลาที่จำกัด ในกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนต้องใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากข้อมูลที่ได้รับและจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มี จากนั้นต้องอภิปรายแบบจำลองทางความคิดกับเพื่อนภายในกลุ่มเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติกลุ่มและนำเสนอแบบจำลองเพื่อนำไปสู่แบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน ซึ่งการที่นักเรียนจะสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์นั้น นักเรียนต้องมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมให้ถูกต้องยิ่งขึ้น แต่จากการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนบางส่วนยังมีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนถึงแม้จะมีโอกาสในการอภิปรายร่วมกันเพื่อลงสู่ข้อสรุปแล้วก็ตาม โดยมโนทัศน์นั้นยังไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง สาเหตุหนึ่งอาจมาจากเวลาที่ใช้ในการอภิปรายมีจำกัด นักเรียนทุกคนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นของตนได้อย่างทั่วถึง จึงอาจส่งผลให้ความรู้เดิมไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องและส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับปาณิสรา ไม้รอด (2557) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการที่นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองจากแนวคิดของตนเองและต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นดังเช่นนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่จึงต้องการเวลาในการทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากกว่าปกติ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

ประการที่ 2 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเป็นไปได้ช้าและไม่ชัดเจน จากลักษณะการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ที่เป็นการสอนที่มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองจากแนวคิดของนักเรียนจนนำไปสู่การเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งการสืบสอบเพื่อให้ได้มโนทัศน์หรือความรู้ที่ถูกต้องแล้วนำไปเชื่อมโยงสู่การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องนั้นจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่จากการวิจัยพบว่าพฤติกรรมด้าน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ ในขณะที่พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวัดพฤติกรรมด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะได้ปฏิบัติกิจกรรมในระยะที่ 3 ของการสอน จึงอาจทำให้นักเรียนได้รับการฝึกทักษะการปฏิบัติการทดลองได้ไม่เต็มที่จึงส่งผลให้การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเกิดขึ้นได้ช้า ซึ่งการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเป็นทักษะขั้นสูงที่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการขั้นผสม (เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, & นฤมล ยุตาคม, 2550) และหากต้องการให้นักเรียนมีทักษะในเรื่องใดจะต้องฝึกฝนโดยกระทำสิ่งนั้นบ่อย ๆ (ทิศนา แขมมณี, 2551)

เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระดับไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุดเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการปฏิบัติกิจกรรมหรือการทดลอง นักเรียนมีภาวะเป็นผู้ตามมากกว่าผู้นำ เชื่อคำบอกกล่าวและปฏิบัติตามเพื่อนที่มีความสามารถทางการเรียนที่สูงกว่า อีกทั้งยังขาดแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม สอดคล้องกับ อุไรรัสมิ์ ฉิ่งเล็ก (2547) ที่ระบุว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์กลุ่มสูงและกลุ่มปานกลาง มีภาวะผู้นำมากกว่าผู้ตามในขณะทำกิจกรรมการทดลองต่าง ๆ นักเรียนจะทำการศึกษาค้นคว้า กำหนดสมมติฐาน และทำการทดลองอย่างตั้งใจ อีกทั้งยังมีความกระตือรือร้น เรียนด้วยความสนุกสนาน และสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์กลุ่มต่ำ มักมีความสนใจและเอาใจใส่ในการเรียนน้อย ซึ่งการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้บางครั้ง นักเรียนอาจไม่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พัฒนาไม่มากนัก นอกจากนี้นักเรียนควรต้องมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว โดยการนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้จึงจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ดี (ทิศนา แขมมณี, 2551)

เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองคงที่อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ ซึ่งมีจำนวน 6 คน หรือร้อยละ 14 พบว่า นักเรียนทั้ง 6 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระดับไม่ผ่านเช่นเดียวกัน จึงอาจเป็นไปได้ว่าสมรรถนะการสร้างแบบจำลองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับนักเรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ และมีองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลองคงที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบ จำนวน 4 คน โดยสรุปประเด็นสำคัญของการตอบคำถามได้ดังนี้

1. ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน พบว่านักเรียนขาดความเข้าใจจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบจำลองและนักเรียนไม่ได้อภิปรายแบบจำลองทางความคิดกับเพื่อนภายในกลุ่ม สังเกตได้จากเมื่อให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองของกลุ่มตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

2. นักเรียนขาดการเชื่อมโยงแบบจำลองกับเนื้อหาที่เรียนได้อย่างถูกต้องครบถ้วน ทำให้การติดตามเนื้อหาบทเรียนในชั้นเรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร

ดังนั้นจากประเด็นต่าง ๆ และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ อาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้สมรรถนะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่พัฒนาเท่าที่ควรและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ในระยะการแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองเป็นระยะที่ผู้สอนสามารถประเมินได้ว่าผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียนมากน้อยเพียงใด เนื่องจากว่าระยะนี้ผู้เรียนต้องสร้างแบบจำลองจากแนวคิดของตนเอง มีการนำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปของแบบจำลอง ดังนั้นคำถามที่ผู้สอนใช้ในการอภิปรายจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนสะท้อนถึงความรู้ความเข้าใจของตนเอง เกิดการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเองและแบบจำลองของกลุ่มเพื่อน จนนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องเหมาะสมในระยะต่อไป

1.2 การกำหนดเวลาเป็นสิ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ผู้สอนควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ชัดเจนและควบคุมเวลาให้เป็นไปอย่างเหมาะสม

1.3 ผู้สอนควรเน้นการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนโดยการใช้คำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนสงสัยและเกิดข้อซักถาม เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของตนเอง นำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ครอบคลุมที่สุด และทำ

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของแบบจำลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติและจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีส่วนช่วยให้การเรียนของนักเรียนมีความสนุกสนานและกล้าแสดงความคิดเห็น ดังนั้นควรศึกษาต่อยอดงานวิจัยนี้เกี่ยวกับเจตคติต่อวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

2.2 การจัดการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ (Maia & Justi, 2009; Sikosek & Zuzelj, 2013) และจากผลคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจ และการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดี มีเพียงพฤติกรรมด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้นที่อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าหากเพิ่มเวลาในการเรียนรู้ในระยะการทดสอบแบบจำลองให้มากขึ้น โดยปรับเวลาแต่ละระยะของการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม ไม่มุ่งเน้นที่ระยะใดระยะหนึ่งมากจนเกินไป เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่ น่าจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีด้านพฤติกรรมด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงขึ้น

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *มาตราฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). *กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ.* กรุงเทพฯ: บริษัท วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์ จำกัด.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธณัฏฐา คงทน. (2557). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปาณิสรา ไม้รอด. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์ จำกัด.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, & พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, & นฤมล ยุตาคม. (2550). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี. *วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, *11*, 11-22.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546a). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546b). *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *เคมีเพิ่มเติม เล่ม 5*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

อุไรรัสมิ์ ฉิ่งเล็ก. (2547). *ผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้สื่อวัสดุท้องถิ่นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ภาษาอังกฤษ

Acher, A., Arcá, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education, 91*, 398-418.

Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education, 35*(2), 213-238.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives handbook I : Cognitive domain*: New York: David McKay Company, INC.

Dori, Y. J., & Kaberman, Z. (2012). Assessing High School Chemistry Students' Modeling Sub-Skills in a Computerized Molecular Modeling Learning Environment. *Instructional Science, 40*(1), 69-91.

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education, 76*(4), 548-554.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). New York: Springer Science & Business Media, LLC.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). Models of Modelling. In J. K. Gilbert & R. Justi (Eds.), *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 17-40). Switzerland: Springer International Publishing AG.

Gobert, J., Snyder, J., & Houghton, C. (2002, April). *The Influence of Students' Understanding of Models on Model-Based Reasoning.* Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

Gobert, J. D., & Pallant, A. (2004). Fostering Students' Epistemologies of Models via Authentic Model-Based Tasks. *Journal of Science Education and Technology, 13*(1), 7-22.

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of research in science teaching, 28*(9), 799-822.

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

Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education, 99*(5), 986-1018.

Justi, R. (2009). Learning How to Model in Science Classroom: Key Teacher's Role in Supporting the Development of Students' Modelling Skills. *Educación química, 20*(1), 32-40.

Knuuttila, T., & Boon, M. (2011). How do Models Give us Knowledge? The Case of Carnot's Ideal Heat Engine. *European journal for philosophy of science, 1*(3), 309-334.

Krajcik, J., Czerniak, C., & Berger, C. (1999). *Teaching Children Science: A Project-Based Approach*. Boston, MA: McGraw-Hill.

Maab, K. (2006). What are Modelling Competencies? *The International Journal on Mathematics Education, 38*(2), 113-142.

Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium Through Modelling-Based Teaching. *International Journal of Science Education, 31*(5), 603-630.

Mendonca, C., & Justi, R. (2011). Contributions of the Model of Modelling Diagram to the Learning of Ionic Bonding: Analysis of A Case Study. *Research Science Education, 41*(4), 479-503.

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the Modeling Competence: A Systematic Review and Synthesis of Empirical Research. *Educational Research Review, 13*, 52-73.

Papaevripidou, M. (2012). *Teachers as Learners and Curriculum Designers in the Context of Modeling-Centered Scientific Inquiry* (Doctoral Dissertation, University of Cyprus) Retrieved from http://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/ 39199.

Papaevripidou, M., Constantinou, C. P., & Zacharia, Z. C. (2007). Modeling Complex Marine Ecosystems: An Investigation of Two Teaching Approaches with Fifth Graders. *Journal of Computer Assisted Learning, 23*(2), 145-157.

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

Papaevripidou, M., Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014, January). *On Defining and Assessing Learners' Modeling Competence in Science Teaching and Learning*. Paper presented at the American Educational Research Association (AERA), Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Schwarz, C., & White, B. (1998, April). *Fostering Middle School Students' Understanding of Scientific Modeling*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of research in science teaching, 46*(6), 632-654.

Sikosek, D., & Zuzelj, M. (2013). Using Chemical Models for Developing Natural Science Competences in Teaching Chemistry: from Pupils as Model Assemblers to Pupils as Creators of Self-made Models. *Problems of Education in the* 21*st Century, 53*, 89-98.

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน

1553251319
CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร.เจนจิรา ปานชมพู	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์สุรพร เก็งทอง	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ดวงนภา พวงทอง	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนคุรุประชาสรรค์ อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชา เคมี 3 รหัสวิชา ว30228
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ระยะเวลา 200 นาที จำนวน 4 คาบเรียน	ผู้สอน นางสาววรกมล ปล้องมาก

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ผลการเรียนรู้

เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

1. เรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

2. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์

3. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เอมีน และเอไมด์

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายวิธีการเรียกชื่อสารประกอบแอลเคน

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. มีความมุ่งมั่นในการเรียน สนใจใฝ่เรียนรู้ ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ตลอดจนทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

2. มีความรับผิดชอบ ทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด

สาระสำคัญ

การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การอ่านชื่อแบบสามัญและการอ่านชื่อตามระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) โดยประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ 1.แอลเคน (alkane) 2.แอลคีน

(alkene) 3.แอลไคน์ (alkyne) อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) และ 4.อนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (derivative of hydrocarbon) ประกอบด้วย แอลกอฮอล์ (alcohol) อีเทอร์ (ether) กรดอินทรีย์ (carboxylic acid) เอสเทอร์ (ester) แอลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) เอมีน (amine) เอไมด์ (amide)

สาระการเรียนรู้

1. การเรียกชื่อแอลเคนและไซโคลแอลเคน

การเรียกชื่อแอลเคนในระบบ IUPAC จะเรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยใช้จำนวนนับในภาษากรีกระบุจำนวนอะตอมของคาร์บอนและลงท้ายด้วยเสียง เ-น (-ane) จำนวนนับในภาษากรีกเป็นดังนี้

1 = มีทหรือเมท (meth-) 2 = อีทหรือเอท (eth-) 3 = โพรพ (prop-) 4 = บิวท (but-)
5 = เพนท (pent-) 6 = เฮกซ (hex-) 7 = เฮปท (hept-) 8 = ออกท (oct-)
9 = โนน (non-) 10 = เดกค (dec-)

แอลเคนที่เป็นโซ่กิ่ง ให้เลือกโซ่คาร์บอนที่ยาวที่สุดเป็นโซ่หลัก และนับทิศทางที่เจอกิ่งในลำดับเลขน้อย ๆ เรียกชื่อโดยบอกจำนวนคาร์บอนอะตอมตามระบบ IUPAC หมู่อะตอมที่แยกมาจากโซ่หลักของคาร์บอนจะเป็นโมเลกุลของแอลเคนที่สูญเสียไฮโดรเจน 1 อะตอม มีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n+1} หมู่อะตอมนี้เรียกว่า หมู่แอลคิล (alkyl group) การเรียกชื่อหมู่แอลคิลใช้หลักการเดียวกันกับการเรียกชื่อแอลเคนแต่เปลี่ยนเสียงท้ายเป็น อิล (-yl) การเขียนแสดงหมู่แอลคิลที่ไม่ระบุจำนวนอะตอมของคาร์บอนทำได้โดยใช้สัญลักษณ์ R การเรียกชื่อแอลเคนที่มีโซ่กิ่งตามระบบ IUPAC ใช้หลักเกณฑ์ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) เลือกสายโซ่ของคาร์บอนที่ต่อกันยาวที่สุดเป็นโซ่หลัก ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรงแนวเดียวกันตลอด และใช้หลักการเรียกชื่อเหมือนกับแอลเคนแบบโซ่ตรง (ถ้าสามารถเลือกโซ่หลักที่มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันยาวที่สุดได้หลายแบบ ให้เลือกแบบที่มีจำนวนหมู่แอลคิลมากกว่าเป็นโซ่หลัก)

2) กำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยเริ่มจากปลายด้านใดก็ได้ที่ทำให้หมู่แอลคิลอยู่ในตำแหน่งที่มีตัวเลขน้อย ๆ

3) เรียกชื่อหมู่แอลคิลนำหน้าชื่อของแอลเคน โดยระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนที่หมู่แอลคิลต่ออยู่ ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักเหมือนกัน ให้ใช้คำนำหน้าแสดงจำนวนหมู่แอลคิลเป็น

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ภาษากรีก เช่น ได (di) ไตร (tri) เตตระ (tetra) แทนจำนวนหมู่แอลคิล 2 3 หรือ 4 หมู่ ตามลำดับ แล้วเขียนไว้ระหว่างชื่อของหมู่แอลคิลกับตัวเลขแสดงตำแหน่ง โดยระหว่างตัวเลขให้เขียนคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และระหว่างตัวเลขกับตัวอักษรเขียนคั่นด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-)

4) ถ้าหมู่แอลคิลที่ต่ออยู่กับโซ่หลักแตกต่างกัน ให้เรียกชื่อเรียงลำดับหมู่แอลคิลตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ และระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งไว้หน้าชื่อหมู่แอลคิล

ในกรณีที่โครงสร้างเป็นแบบวง เรียกว่า ไซโคลแอลเคน (cycloalkane) ประกอบคาร์บอนตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไปสร้างพันธะเดี่ยวต่อกันเป็นวงรูปเหลี่ยมต่าง ๆ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม การเรียกชื่อไซโคลแอลเคนทำได้เช่นเดียวกับการเรียกชื่อของแอลเคนแต่นำหน้าด้วยคำว่า ไซโคล (cyclo)

2. การเรียกชื่อแอลคีนและไซโคลแอลคีน

การเรียกชื่อแอลคีนใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการเรียกชื่อแอลเคนแต่ลงท้ายด้วย (-ene) และแสดงตำแหน่งของพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล โดยกำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอน ซึ่งเริ่มต้นจากปลายโซ่ด้านใดก็ได้ที่ทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่มีตัวเลขน้อยที่สุด แล้วระบุตัวเลขนั้นกำกับไว้หน้าชื่อของแอลคีน ยกเว้นอีทีนและโพรพีนไม่ต้องระบุตำแหน่งของพันธะคู่

ชื่อสามัญของแอลคีนที่นิยมเรียกมีเพียง 2 – 3 ชนิดเท่านั้น เช่น $CH_2=CH_2$ เอทิลีน (ethylene) $CH_3-CH=CH_2$ โพรพิลีน (propylene) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ บิวทิลีน (butylene)

แอลคีนที่มีโครงสร้างเป็นวงเรียกว่า ไซโคลแอลคีน (cycloalkene) มีสมบัติคล้ายกับแอลคีน การเรียกชื่อแอลคีนที่เป็นวงให้ใช้คำว่า ไซโคล (cyclo) นำหน้าชื่อของแอลคีน

3. การเรียกชื่อแอลไคน์และไซโคลแอลไคน์

การเรียกชื่อแอลไคน์ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการเรียกชื่อแอลคีน แต่เปลี่ยนคำลงท้ายเป็น ไ-น์ (-yne) แอลไคน์ที่เป็นวงเรียกว่า ไซโคลแอลไคน์ (cycloalkyne) เรียกชื่อแอลไคน์ที่เป็นวงให้ใช้คำว่า ไซโคล (cyclo) นำหน้าชื่อของแอลไคน์

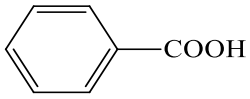
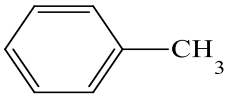
ชื่อสามัญของแอลไคน์ที่นิยมเรียก ได้แก่ $HC\equiv CH$ อะเซทิลีน (acetulene)

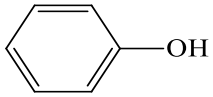
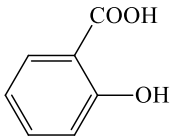
4. การเรียกชื่ออะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon)

คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีเบนซีนเป็นองค์ประกอบ โมเลกุลของเบนซีนประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอมต่อกันเป็นวง คาร์บอนทุกอะตอมอยู่ในระนาบเดียวกันและต่อกับไฮโดรเจน

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

อีก 1 อะตอมสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นอนุพันธ์ของเบนซีนจึงมีอยู่มากมายและการเรียกชื่อ IUPAC ของอนุพันธ์เหล่านี้จะอ่านโดยใช้เบนซีนเป็นชื่อหลัก ซึ่งเบนซีนที่มีหมู่แทนที่เพียงหมู่เดียว อาจเรียกหมู่แทนที่นำหน้าชื่อหลักเบนซีนหรืออาจเรียกชื่อโดยใช้ชื่อเรียกเฉพาะหรือชื่อสามัญ

ชื่อสามัญที่นิยมเรียก ได้แก่  (benzoic acid)  (toluene)

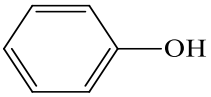
 (phenol)  (salicylic acid)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

5. การเรียกชื่อแอลกอฮอล์ (alcohol)

การเรียกชื่อแอลกอฮอล์กรณีที่เป็นโซ่ตรงและมีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ให้เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย -anol แล้วระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลที่ต่ออยู่กับคาร์บอนไว้หน้าชื่อของแอลกอฮอล์ ยกเว้นเมทานอลและเอทานอลไม่ต้องระบุตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิล เช่น

CH_3CH_2OH มีชื่อว่า ethanol $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ มีชื่อว่า 1-butanol

สารประกอบอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับหมู่แอริล เรียกสารในกลุ่มนี้ว่าฟีนอล (phenol) ซึ่งมีสูตร C_6H_5OH หรือ 

6. การเรียกชื่ออีเทอร์ (ether)

การเรียกชื่ออีเทอร์ที่เป็นโซ่ตรงให้พิจารณาหมู่ที่ต่อกับออกซิเจนทั้งสองหมู่ กำหนดให้หมู่ที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่าเป็นชื่อหลัก ส่วนหมู่ที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าให้เรียกรวมกับออกซิเจนเป็นหมู่แอลคอกซี และให้เรียกหมู่แอลคอกซีก่อนตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยลงท้ายด้วย -ออกซี (-oxy) แล้วจึงตามด้วยชื่อหลักของแอลเคน เช่น

$CH_3CH_2OCH_3$ มีชื่อว่า methoxyethane $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ มีชื่อว่า ethoxyethane

7. การเรียกชื่อแอลดีไฮด์ (aldehyde)

การเรียกชื่อแอลดีไฮด์ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนและลงท้ายเสียงเป็น -anal เช่น $CH_3(CH_2)_2CHO$ มีชื่อว่า butanal $CH_3(CH_2)_3CHO$ มีชื่อว่า pentanal

8. การเรียกชื่อคีโตน (ketone)

การเรียกชื่อคีโตนกรณีที่เป็นโซ่ตรงให้เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย -anone แล้วระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของหมู่คาร์บอนิลไว้หน้าชื่อของคีโตน ยกเว้นโพรพาโนนและบิวทาโนนไม่ต้องระบุตำแหน่งของหมู่คาร์บอนิล เช่น

$CH_3COCH_2CH_3$ มีชื่อว่า butanone $CH_3CO(CH_2)_2CH_3$ มีชื่อว่า 2-pentanone

9. การเรียกชื่อกรดอินทรีย์ (carboxylic acid)

การเรียกชื่อกรดคาร์บอกซิลิกที่เป็นโซ่ตรงให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แล้วลงท้ายด้วย -anoic acid เช่น

CH_3COOH มีชื่อว่า ethanoic acid CH_3CH_2COOH มีชื่อว่า propanoic acid

ชื่อสามัญของกรดคาร์บอกซิลิกมักจะตั้งตามชื่อของสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งของที่พบกรดชนิดนั้น เช่น กรดฟอร์มิก HCOOH ที่มีความหมายว่ามด กรดแอซีติก CH_3COOH ที่มีความหมายว่าเปรี้ยว

10. การเรียกชื่อเอสเทอร์ (ester)

การเรียกชื่อเอสเทอร์กำหนดให้เรียกชื่อหมู่แอลคิลหรือแอริลที่มาจากแอลกอฮอล์แล้วตามด้วยชื่อของกรดคาร์บอกซิลิก โดยเปลี่ยนจากคำลงท้ายจาก -oic acid เป็น -ate เช่น

CH_3COOCH_3 มีชื่อว่า methyl ethanoate

$CH_3COOCH_2CH_3$ มีชื่อว่า ethyl ethanoate

11. การเรียกชื่อเอมีน (amine)

การเรียกชื่อเอมีนที่เป็นโซ่ตรงให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วเปลี่ยนคำลงท้ายเป็น -anamine และระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของหมู่อะมิโนที่ต่ออยู่กับคาร์บอนไว้หน้าชื่อของเอมีน เช่น CH_3NH_2 มีชื่อว่า methanamine $CH_3(CH_2)_4NH_2$ มีชื่อว่า 1-penthanamine

12. การเรียกชื่อเอไมด์ (amide)

การเรียกชื่อเอไมด์ทำได้โดยเรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แล้วเปลี่ยนคำลงท้ายเป็น -anamide เช่น CH_3CONH_2 มีชื่อว่า ethanamide $CH_3CH_2CONH_2$ มีชื่อว่า propanamide

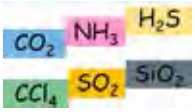
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ระยะการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (creation of a proto-model) (15 นาที)

1. ครูกระตุ้นความสนใจโดยแสดงโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ จากนั้นถามคำถามต่อไปนี้

1.1 จากสารประกอบที่กำหนดให้ มีชื่อเรียกอย่างไรบ้าง

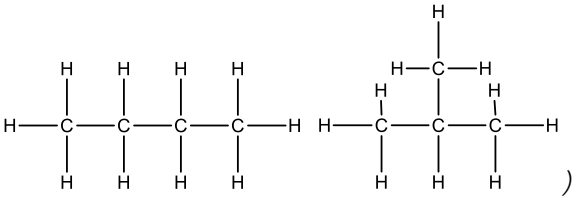


(คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์(ก๊าซไข่เน่า) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซิลิกอนไดออกไซด์(ซิลิกา))

2. ครูยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน ได้แก่ C_4H_{10} จากนั้นถามคำถามต่อไปนี้

2.1 จากสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ นักเรียนอ่านชื่อได้หรือไม่ ชื่อว่าอะไร *(บิวเทน)*

2.2 โครงสร้างของ C_4H_{10} เขียนได้กี่รูปแบบ อะไรบ้าง *(2 รูปแบบ ได้แก่*



)

2.3 หากสารประกอบอินทรีย์มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีโครงสร้างต่างกันดังเช่นตัวอย่าง นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการอ่านชื่ออย่างไร

2. ระยะการแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (expression of the proto-model ⟶ production of the model) (85 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 2 “ฉันชื่ออะไร” ซึ่งเป็นใบกิจกรรมสำหรับการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคน โดยถามนักเรียนดังต่อไปนี้

1.1 จากใบกิจกรรม “ฉันชื่ออะไร” ตารางที่ 1 นักเรียนสังเกตเห็นอะไรที่เหมือนกัน *(สารประกอบอินทรีย์ทุกตัวลงท้ายด้วย -ane เหมือนกัน และสารประกอบทุกตัวเป็นสารประกอบประเภทแอลเคนเหมือนกัน)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

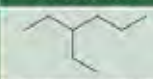
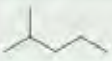
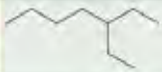
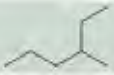
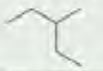
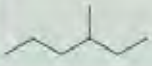
ตารางที่ 1

ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.	CH_4	methane
2.	CH_3-CH_3	ethane
3.	CH_3-CH_2-CH_3	propane
4.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_3	butane
5.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	pentane
6.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	hexane
7.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	heptane
8.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	octane
9.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	nonane
10.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	decane

1.2 หากพิจารณาสารประกอบเรียงลำดับจากบนลงล่าง จำนวนอะตอมของคาร์บอนเป็นอย่างไร *(จำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งอะตอม)* จากนั้นครูอธิบายการเรียกชื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนตามจำนวนนับในภาษากรีกดังที่ระบุไว้ให้ในใบกิจกรรม

1.3 โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ตารางที่ 2 แตกต่างจากตารางที่ 1 อย่างไร *(โครงสร้างมีลักษณะเป็นโซ่กิ่ง)*

ตารางที่ 2

ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC	ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.		2-methylbutane	6.		3-ethyl hexane
2.		2-methylpentane	7.		3-ethylheptane
3.		2-methylhexane	8.		3-methylhexane
4.		3-methylhexane	9.		3-methylpentane
5.		3-methylhexane	10.		3-methylheptane

1.4 จากชื่อ IUPAC ของสารที่ระบุไว้ในตาราง นักเรียนสังเกตเห็นอะไรที่เหมือนกัน *(สารประกอบทุกตัวลงท้ายด้วย -yl และ -ane เหมือนกัน)*

1.5 การอ่านชื่อของสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบโซ่กิ่งต้องระบุโซ่หลักและโซ่กิ่ง จากชื่อ IUPAC นักเรียนคิดว่าส่วนใดหมายถึงโซ่กิ่ง และส่วนใดหมายถึงโซ่หลัก *(ส่วนที่ลงท้ายด้วย -yl หมายถึงโซ่กิ่ง และส่วนที่ลงท้ายด้วย -ane หมายถึงโซ่หลัก)*

1.6 เพราะเหตุใดถึงคิดเช่นนั้น *(เพราะโซ่กิ่งหรือหมู่แทนที่ต้องมีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าโซ่หลัก ซึ่งจากชื่อ IUPAC ชื่อที่ลงท้ายด้วย -yl มีจำนวนอะตอมคาร์บอนน้อยกว่าชื่อที่ลงท้ายด้วย -ane)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1.7 นักเรียนคิดว่าตัวเลขที่ระบุด้านหน้าชื่อแสดงถึงอะไร *(ตำแหน่งของหมู่แทนที่)*

2. ครูให้นักเรียนใช้ปากกาเมจิกวงกลมล้อมรอบหมู่แทนที่ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบว่าวงกลมล้อมรอบหมู่แทนที่ถูกต้องหรือไม่ และร่วมกันอภิปรายการอ่านชื่อสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบโซ่กิ่งโดยใช้คำถามดังนี้

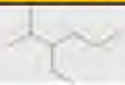
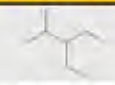
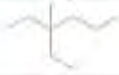
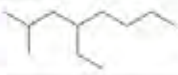
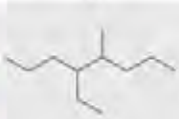
2.1 การอ่านชื่อโซ่กิ่งและโซ่หลัก มีสิ่งใดที่เหมือนกันและมีสิ่งใดที่แตกต่างกัน *(สิ่งที่เหมือนกันคือโซ่กิ่งและโซ่หลักต้องเรียกชื่อโดยระบุจำนวนอะตอมของคาร์บอนตามจำนวนนับในภาษากรีกเช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกัน คือโซ่กิ่งจะอ่านชื่อลงท้ายด้วย -yl)*

3. ครูให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสรุปการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน จากนั้นสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอ *(อาจสรุปการอ่านชื่อได้ดังนี้ 1.กรณีที่โครงสร้างเป็นโซ่ตรงให้อ่านชื่อโดยระบุจำนวนคาร์บอนอะตอมแล้วลงท้ายด้วย -ane 2.กรณีที่โครงสร้างเป็นโซ่กิ่ง ให้เลือกโซ่คาร์บอนที่ยาวที่สุดเป็นโซ่หลักจากนั้นอ่านชื่อโดยบอกตำแหน่งกิ่งด้วยตัวเลขนำหน้าชื่อกิ่ง เรียกชื่อกิ่งโดยระบุจำนวนอะตอมคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย -yl ตามด้วยเรียกชื่อโซ่หลัก)*

4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการอ่านชื่ออีกครั้งหนึ่ง โดยครูเน้นย้ำการนับทิศทางของโซ่หลักจะต้องนับทิศทางไปทางด้านที่พบกิ่งลำดับน้อย ๆ ก่อน

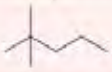
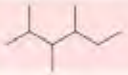
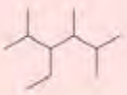
5. ครูให้นักเรียนสังเกตตารางที่ 3 และตารางที่ 4 จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

ตารางที่ 3

ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC	ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.		3-ethyl-2-methyl hexane	5.		3-ethyl-2-methyl pentane
2.		3-ethyl-3-methyl hexane	6.		4-ethyl-2-methyl octane
3.		3-ethyl-4-methyl hexane	7.		4-ethyl-5-methyl octane
4.		3-ethyl-3-methyl pentane			

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ตารางที่ 4

ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC	ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.		2,3-dimethyl pentane	5.		2,2,3,3-tetramethyl butane
2.		2,2-dimethyl pentane	6.		3-ethyl-2,3-dimethyl pentane
3.		2,3,4-trimethyl hexane	7.		3-ethyl-2,4,5-trimethyl hexane
4.		2,2,3-trimethyl butane			

หากมีหมู่แทนที่เหมือนกันตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป ให้ใช้คำนำหน้า di- tri- และ tetra- เพื่อบอกจำนวน 2 3 และ 4 หมู่ ตามลำดับ

5.1 โครงสร้างสารประกอบแอลเคนตารางที่ 3 แตกต่างจากตารางที่ 2 อย่างไร *(มีหมู่แทนที่ 2 หมู่)* จากนั้นให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบหมู่แทนที่และครูตรวจสอบว่านักเรียนระบุหมู่แทนที่ถูกต้องหรือไม่

5.2 จากตารางที่ 3 สารประกอบแอลเคนแต่ละตัวมีหมู่แทนที่อะไรบ้าง *(ethyl และ methyl)*

5.3 จากชื่อ IUPAC หมู่ ethyl เรียกชื่อก่อนหมู่ methyl นักเรียนคิดว่าลำดับการเรียกชื่อหมู่แทนที่พิจารณาจากอะไร *(เรียงตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษ)*

5.4 โครงสร้างสารประกอบแอลเคนตารางที่ 4 หมู่แทนที่ของสารประกอบอินทรีย์แต่ละตัวมีลักษณะเป็นอย่างไร *(มีหมู่แทนที่ซ้ำกันมากกว่า 1 ตัว)*

5.5 นักเรียนคิดว่าหากมีหมู่แทนที่ซ้ำกัน การเรียกชื่อต้องระบุอะไรเพิ่มเติมนอกเหนือจากตำแหน่งของหมู่แทนที่ *(หากมีชื่อซ้ำกันต้องระบุจำนวนของหมู่แทนที่)*

6. ครูอธิบายการระบุจำนวนของหมู่แทนที่ โดยหากมีหมู่แทนที่เหมือนกันตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป ให้ใช้คำนำหน้า di- tri- และ tetra- เพื่อบอกจำนวน 2 3 และ 4 หมู่ ตามลำดับ

7. ครูให้นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ทั้งหมดมาเขียนเป็นหลักการอ่านชื่อลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ โดยให้ตัวแทนกลุ่มรับอุปกรณ์ (กระดาษและปากกาเมจิก 2 ด้าม) จากนั้นแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยถามคำถามดังต่อไปนี้

7.1 นักเรียนคิดว่าหลักการอ่านชื่อของกลุ่มใดอธิบายได้ครบถ้วนและครอบคลุมที่สุด พิจารณาจากประเด็นใดบ้าง *(ขึ้นอยู่กับคำตอบนักเรียน)*

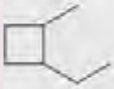
7.2 กลุ่มใดเห็นด้วยหรือเห็นต่างจากเพื่อน อย่างไร *(ขึ้นอยู่กับคำตอบนักเรียน)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

7.3 นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรเพิ่มเติมในหลักการอ่านชื่อของกลุ่มนักเรียนเพื่อให้สามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วนมากที่สุด *(ขึ้นอยู่กับคำตอบนักเรียน)*

8. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคนแบบวง โดยให้นักเรียนพิจารณาตารางที่ 5 และถามคำถามต่อไปนี้

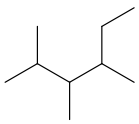
ตารางที่ 5

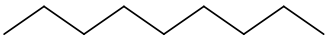
ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC	ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.		cyclopropane	5.		methyl cyclobutane
2.		cyclobutane	6.		1,2-dimethyl cyclobutane
3.		cyclopentane	7.		1-ethyl-2-methyl cyclobutane
4.		cyclohexane			

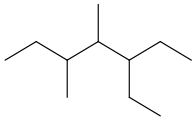
8.1 จากตารางที่ 5 เป็นการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคนแบบวง นักเรียนคิดว่าการอ่านชื่อแอลเคนแบบวงแตกต่างจากการอ่านชื่อแอลเคนแบบโซ่ตรงหรือโซ่กิ่งอย่างไร *(การเรียกชื่อแอลเคนแบบวงจะเติมคำว่า ไซโคลนำหน้าชื่อของแอลเคน)*

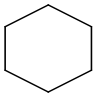
3. ระยะการทดสอบแบบจำลอง (test of the model) (15 นาที)

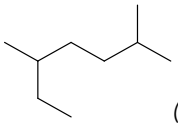
1. ครูกำหนดตัวอย่างสารประกอบแอลเคนจำนวน 10 ชนิด จากนั้นให้นักเรียนนำหลักการอ่านชื่อที่สร้างขึ้น มาใช้เขียนชื่อสารประกอบที่กำหนดให้ โดยสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาเขียนคำตอบหน้าชั้นเรียน

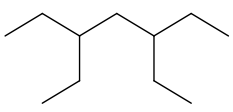
1.1  *(2,3,4-trimethylhexane)*

1.2  *(nonane)*

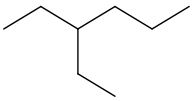
1.3  *(3-ethyl-4,5-dimethylheptane)*

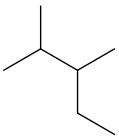
1.4  *(cyclohexane)*

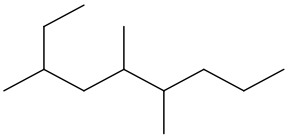
1.5  *(2,5-dimethylheptane)*

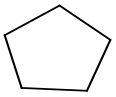
1.6  *(3,5-diethylheptane)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1.7  *(3-ethylhexane)*

1.8  *(2,3-dimethylpentane)*

1.9  *(3,5,6-trimethylnonane)*

1.10  *(cyclopentane)*

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการอ่านชื่อ IUPAC ของสารประกอบแอลเคน ตามข้อควรปรับปรุงต่าง ๆ เพื่อให้สามารถอ่านชื่อได้อย่างครอบคลุมทุกรูปแบบ

3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการอ่านชื่อ IUPAC ของสารประกอบแอลเคนอีกครั้งหนึ่ง ได้ข้อสรุปดังนี้ *(1.กรณีที่โครงสร้างเป็นโซ่ตรง :*
เรียกชื่อโดยใช้จำนวนนับในภาษากรีกระบุจำนวนอะตอมของคาร์บอนและลงท้ายด้วย -ane
2.กรณีแอลเคนที่เป็นโซ่กิ่ง :
2.1 เลือกสายโซ่ของคาร์บอนที่ต่อกันยาวที่สุดเป็นโซ่หลัก แล้วใช้หลักการเรียกชื่อเหมือนกับแอลเคนโซ่ตรง
2.2 กำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยเริ่มจากปลายด้านที่ทำให้หมู่แอลคิลอยู่ในตำแหน่งที่มีตัวเลขน้อย ๆ
2.3 เรียกชื่อหมู่แอลคิลนำหน้าชื่อของแอลเคน โดยระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนที่หมู่แอลคิลต่ออยู่ ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักเหมือนกันให้ใช้คำนำหน้าแสดงจำนวนหมู่แอลคิลเป็นภาษากรีก เช่น di tri tetra แทนจำนวนหมู่แอลคิล 2 3 หรือ 4 หมู่ ตามลำดับ แล้วเขียนไว้ระหว่างชื่อของหมู่แอลคิลกับตัวเลขแสดงตำแหน่ง โดยระหว่างตัวเลขให้เขียนคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และระหว่างตัวเลขกับตัวอักษรเขียนคั่นด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-)
2.4 ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักแตกต่างกันให้เรียกชื่อเรียงลำดับหมู่แอลคิลตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ และระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งไว้หน้าชื่อหมู่แอลคิล)

4. ครูให้นักเรียนตระหนักถึงกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยถามคำถามนักเรียนดังนี้

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มมีลำดับขั้นตอนในการสร้างวิธีการเขียนนี้ (แบบจำลอง) อย่างไร ให้ระบุเป็น ข้อ ๆ *(1. รวบรวมข้อมูลและสังเกตเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังศึกษาทั้งหมด 2. สร้างหลักการอ่านชื่อของสารประกอบแอลเคน 3. นำเสนอหลักการอ่านชื่อที่สร้างขึ้น 4. เปรียบเทียบกับกลุ่มเพื่อน 5. ตรวจสอบความถูกต้องโดยนำหลักการไปใช้อ่านชื่อสารประกอบแอลเคนที่ครูกำหนดให้ 6. ปรับปรุงแก้ไขหลักการอ่านชื่อเพื่อให้ได้วิธีการที่ถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

4.2 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงต้องมีหลักการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ *(เพื่อให้เป็นสากล เข้าใจได้ตรงกัน)*

5. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าการอ่านชื่อที่ศึกษาจากกิจกรรมนี้ เรียกว่า การอ่านชื่อในระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) แต่ในอดีตสารประกอบอินทรีย์บางตัวจะเรียกชื่อแบบสามัญ ซึ่งเป็นชื่อที่ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ตั้งชื่อตามแหล่งกำเนิดของสารประกอบหรือตามชื่อของผู้ค้นพบ แต่เมื่อมีสารประกอบอินทรีย์มากขึ้น การเรียกชื่อสามัญอาจทำให้เกิดความสับสน จึงจัดระบบการเรียกชื่อใหม่เพื่อให้เข้าใจตรงกัน คือ ระบบ IUPAC

4. ระยะการประเมินแบบจำลอง (evaluation of the model) (85 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันระบุขอบเขตและข้อจำกัดของการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์โดยถามคำถามดังต่อไปนี้

1.1 นักเรียนคิดว่าหลักการอ่านชื่อดังกล่าวมีข้อจำกัดอะไรบ้าง *(ใช้ได้เฉพาะกับสารประกอบประเภทแอลเคน)*

1.2 โครงสร้างของสารประกอบประเภทแอลคีนและแอลไคน์แตกต่างจากสารประกอบแอลเคนอย่างไร *(สารประกอบแอลคีนมีพันธะคู่และสารประกอบแอลไคน์มีพันธะสาม)*

1.3 นักเรียนคิดว่าการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์แตกต่างจากสารประกอบ แอลเคนอย่างไร *(ขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียน)*

2. ครูให้นักเรียนพิจารณาใบความรู้ เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ ของสารประกอบประเภทแอลคีนและแอลไคน์ จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

2.1 จากใบความรู้ เรื่องการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน นักเรียนคิดว่าการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนแตกต่างจากสารประกอบแอลเคนอย่างไร *(คำลงท้ายต่างกัน โดยแอลคีนลงท้ายด้วย -ene และต้องระบุตำแหน่งของพันธะคู่ไว้หน้าชื่อ การนับตำแหน่งของคาร์บอนต้องเริ่มจากปลายด้านที่ทำให้พันธะคู่มีตำแหน่งน้อยที่สุด)*

2.2 นักเรียนคิดว่าการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์แตกต่างจากสารประกอบแอลคีนอย่างไร *(คำลงท้ายต่างกัน โดยแอลไคน์ลงท้ายด้วย -yne)*

2.3 นักเรียนคิดว่าการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์ที่มีโครงสร้างแบบวงแตกต่างจากสารประกอบแอลเคนที่มีโครงสร้างแบบวงอย่างไร *(คำลงท้ายต่างกัน คือแอลคีนลงท้ายด้วย -ene และแอลไคน์ลงท้ายด้วย -yne)*

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3. ครูระบุชื่อสามัญของสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์ที่นักเรียนควรทราบ ได้แก่ เอทิลีนและอะเซทิลีน จากนั้นอธิบายการเรียกชื่ออะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนพร้อมทั้งระบุชื่อสามัญที่นักเรียนควรทราบ ได้แก่ โทลูอีน ฟีนอล กรดเบนโซอิก และอะนิลีน

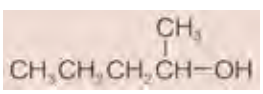
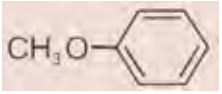
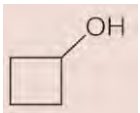
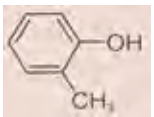
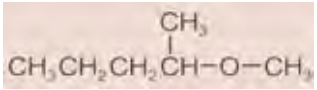
4. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลกอฮอล์ จากนั้นถามคำถามดังนี้

4.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลกอฮอล์ นักเรียนคิดว่าแอลกอฮอล์มีการเรียกชื่ออย่างไร *(เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนด้วยภาษากรีกแล้วลงท้ายด้วย -anol)*

5. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของอีเทอร์ จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

5.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของอีเทอร์ นักเรียนคิดว่าอีเทอร์มีการเรียกชื่ออย่างไร *(ด้านที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าให้เรียกรวมกับออกซิเจนโดยเรียกจำนวนอะตอมของคาร์บอนและลงท้ายด้วย -oxy แล้วตามด้วยชื่อหลักของแอลเคน)*

5.2 จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ จงระบุว่าเป็น alcohol phenol หรือ ether

(alcohol ether alcohol phenol ether)

6. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลดีไฮด์ จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

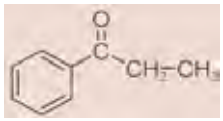
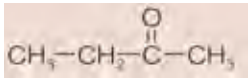
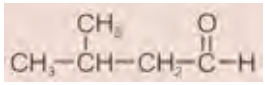
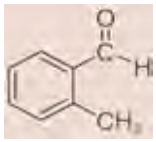
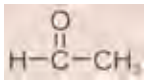
6.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลดีไฮด์ นักเรียนคิดว่าแอลดีไฮด์มีการเรียกชื่ออย่างไร *(เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนและลงท้ายด้วย -anal)*

7. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของคีโตน จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

7.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของคีโตน นักเรียนคิดว่าคีโตนมีการเรียกชื่ออย่างไร *(ระบุตำแหน่งโดยให้หมู่ carbonyl อยู่ตำแหน่งเลขต่ำที่สุด แล้วเรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนลงท้ายด้วย -anone)*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

7.2 จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ จงระบุว่าเป็น aldehyde หรือ ketone

ketone ketone aldehyde aldehyde aldehyde

8. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของกรดคาร์บอกซิลิก จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

8.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของกรดคาร์บอกซิลิก นักเรียนคิดว่ากรดคาร์บอกซิลิกมีการเรียกชื่ออย่างไร *(เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย –anoic acid)*

9. ครูอธิบายการอ่านชื่อตามระบบ IUPAC ของเอสเทอร์

10. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของเอมีน จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

10.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของเอมีน นักเรียนคิดว่าเอมีนมีการเรียกชื่ออย่างไร *(เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย -anamine)*

11. ครูให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของเอไมด์ จากนั้นถามคำถามนักเรียนดังนี้

11.1 จากโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของเอไมด์ นักเรียนคิดว่าเอไมด์มีการเรียกชื่ออย่างไร *(เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย -anamide)*

12. ครูให้นักเรียนซักถามเพิ่มเติม และแจกแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ให้นักเรียนทำเป็นการบ้านแล้วนำส่งครูในวันต่อไป

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน สสวท. เคมีเล่ม 5
2. สื่อนำเสนอ Powerpoint เรื่อง เคมีอินทรีย์
3. วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรม
   - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง “ฉันชื่ออะไร”
   - กระดาษ 1 แผ่น
   - ปากกาเมจิก 2 ด้าม
4. แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์
5. ใบความรู้ เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)			
1. เรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบฝึกหัด	- ชุดคำถาม - แบบฝึกหัด	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องอย่างน้อย 80% - นักเรียนได้คะแนนความถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 80
2. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบฝึกหัด	- ชุดคำถาม - แบบฝึกหัด	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องอย่างน้อย 80% - นักเรียนได้คะแนนความถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 80
3. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เอมีน และเอไมด์	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบฝึกหัด	- ชุดคำถาม - แบบฝึกหัด	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องอย่างน้อย 80% - นักเรียนได้คะแนนความถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 80

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านทักษะกระบวนการ (P)			
1. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายวิธีการเรียกชื่อสารประกอบแอลเคน	- การตอบคำถามระหว่างเรียน	- ชุดคำถาม	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องอย่างน้อย 80%
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
1. มีความมุ่งมั่นในการเรียน สนใจใฝ่เรียนรู้ ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ตลอดจนทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์	- สังเกตจากพฤติกรรมการเรียนและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน เช่น การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น การตอบคำถาม ร่วมอภิปราย	- ชุดคำถาม	- นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 แสดงพฤติกรรมดังกล่าว
2. มีความรับผิดชอบ ทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด	- การส่งแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- นักเรียนส่งงานครบถ้วนตามเวลาที่กำหนด

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง “ฉันชื่ออะไร”

ชื่อ ..... นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

Number of carbon atom

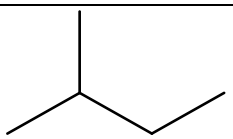
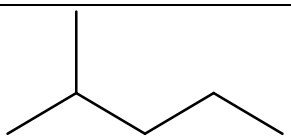
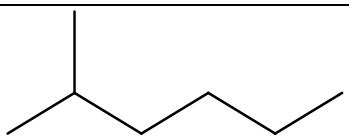
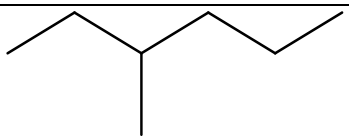
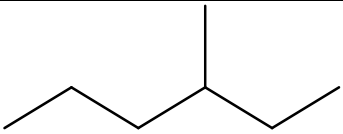
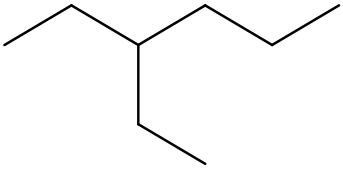
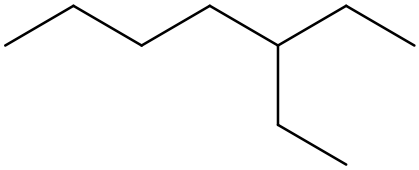
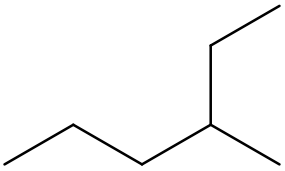
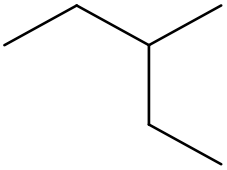
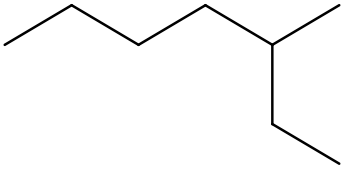
1 = มีทหรือเมท (meth-)	6 = เฮกซ (hex-)
2 = อีทหรือเอท (eth-)	7 = เฮปท (hept-)
3 = โพรพ (prop-)	8 = ออกท (oct-)
4 = บิวท (but-)	9 = โนน (non-)
5 = เพนท (pent)	10 = เดกค (dec-)

ตารางที่ 1

ข้อ	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1.	CH_4	**meth**ane
2.	CH_3-CH_3	**eth**ane
3.	CH_3-CH_2-CH_3	**prop**ane
4.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_3	**but**ane
5.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**pent**ane
6.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**hex**ane
7.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**hept**ane
8.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**oct**ane
9.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**non**ane
10.	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	**dec**ane

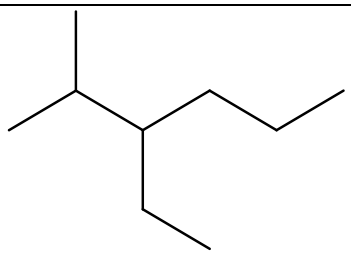
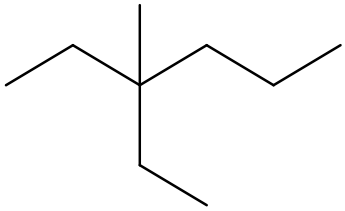
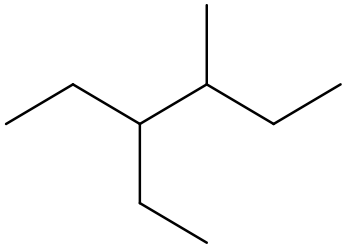
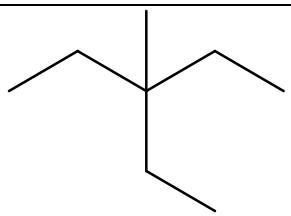
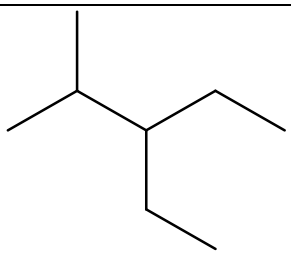
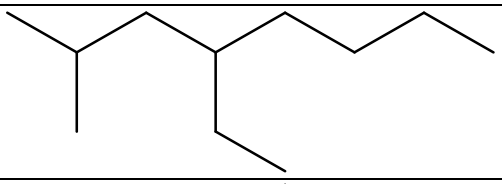
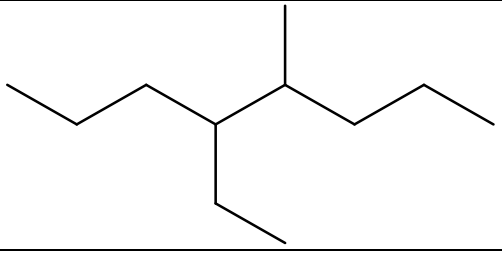
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 2

ข้อ	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1.		2-methylbutane
2.		2-methylpentane
3.		2-methylhexane
4.		3-methylhexane
5.		3-methylhexane
6.		3-ethyl hexane
7.		3-ethylheptane
8.		3-methylhexane
9.		3-methylpentane
10.		3-methylheptane

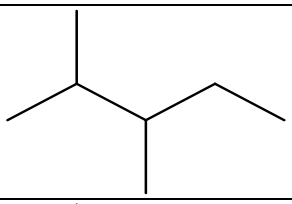
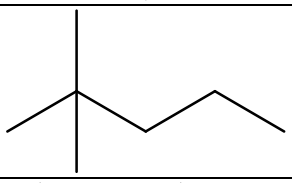
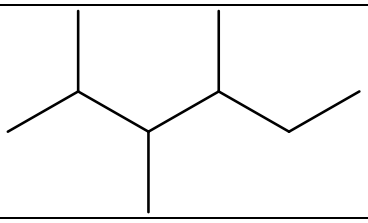
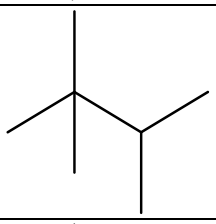
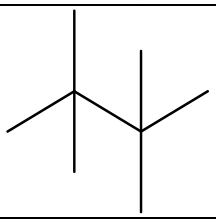
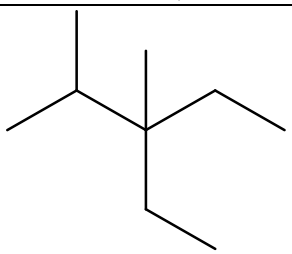
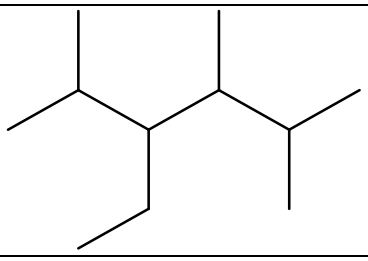
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 3

ข้อ	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1.		3-ethyl-2-methylhexane
2.		3-ethyl-3-methylhexane
3.		3-ethyl-4-methylhexane
4.		3-ethyl-3-methylpentane
5.		3-ethyl-2-methylpentane
6.		4-ethyl-2-methyloctane
7.		4-ethyl-5-methyloctane

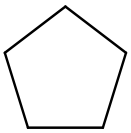
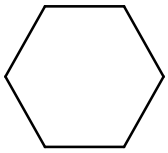
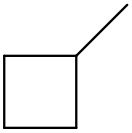
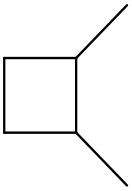
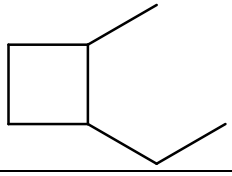
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 4

ข้อ	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1.		2,3-dimethylpentane
2.		2,2-dimethylpentane
3.		2,3,4-trimethylhexane
4.		2,2,3-trimethylbutane
5.		2,2,3,3-tetramethylbutane
6.		3-ethyl-2,3-dimethylpentane
7.		3-ethyl-2,4,5-trimethylhexane

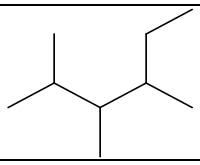
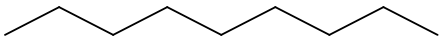
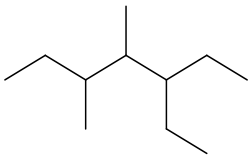
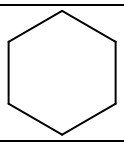
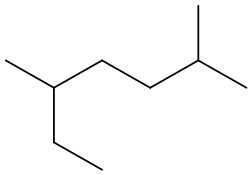
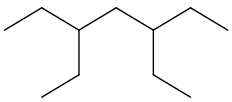
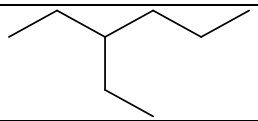
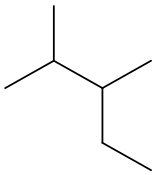
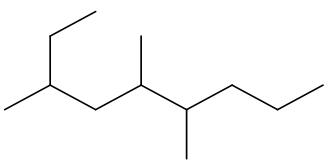
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 5

ข้อ	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1.		cyclopropane
2.		cyclobutane
3.		cyclopentane
4.		cyclohexane
5.		methyl cyclobutane
6.		1,2-dimethyl cyclobutane
7.		1-ethyl-2-methyl cyclobutane

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

จงเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้

ข้อที่	สูตรโครงสร้าง	ชื่อ IUPAC
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ใบความรู้ เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์

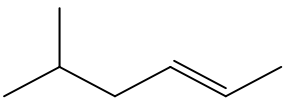
ชื่อ ..... นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

1. แอลคีน (alkene)

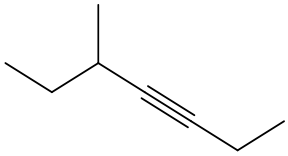
CH_2=CH-CH_2-CH_3	1-butene
CH_3-CH=CH-CH_3	2-butene
CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3	1-pentene
CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2	1-pentene
CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3	2-pentene
CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3	2-pentene
CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	1-hexene
CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3	2-hexene

2. แอลไคน์ (alkyne)

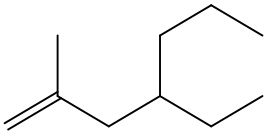
CH≡C-CH_3	1-propyne
CH≡C-CH_2-CH_3	1-butyne
CH≡C-CH_2-CH_2-CH_3	1-pentyne
CH_3-C≡C-CH_3	2-butyne
CH_3-C≡C-CH_2-CH_3	2-pentyne
CH_3-CH_2-C≡C-CH_3	2-pentyne
CH_3-CH_2-C≡C-CH_2-CH_3	3-hexyne
CH_3-CH_2-CH_2-C≡C-CH_3	2-hexyne



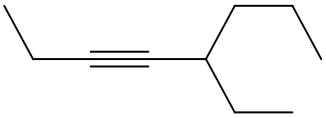
5-methyl-2-hexene



5-methyl-3-heptyne



4-ethyl-2-methyl-1-heptene



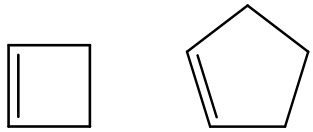
5-ethyl-3-octyne

<u>การเรียกชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์</u>

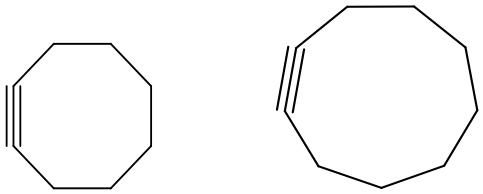
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

3. แอลคีนและแอลไคน์ที่มีโครงสร้างแบบวง (cycloalkene & cycloalkyne)

3.1 ไซโคลแอลคีน (cycloalkene) **3.2 ไซโคลแอลไคน์ (cycloalkyne)**



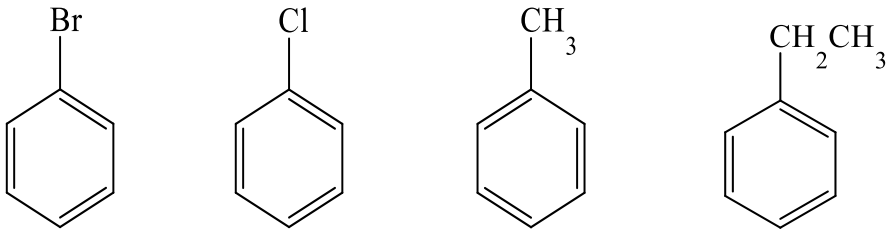
cyclobutene cyclopentene



cyclooctyne cyclononyne

<u>การเรียกชื่อไซโคลแอลคีนและไซโคลแอลไคน์</u>

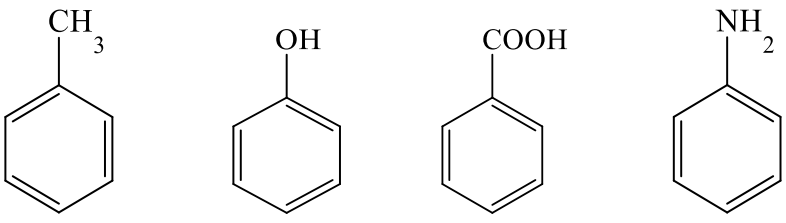
4. อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon)



Bromobenzene chlorobenzene methylbenzene ethylbenzene

<u>การเรียกชื่ออะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน</u>

**** ชื่อสามัญ ****



1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

5. แอลกอฮอล์ (alcohol)

การเรียกชื่อแอลกอฮอล์

CH_3OH	methanol
CH_3CH_2OH	ethanol
$CH_3CH_2CH_2OH$	1-propanol
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	1-butanol
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	1-pentanol

6. อีเทอร์ (ether)

การเรียกชื่ออีเทอร์

$CH_3CH_2OCH_3$	methoxyethane
$CH_3CH_2CH_2OCH_3$	methoxypropane
$CH_3CH_2CH_2CH_2OCH_3$	methoxybutane
$CH_3 CH_2OCH_2CH_2CH_3$	ethoxypropane

7. แอลดีไฮด์ (aldehyde)

การเรียกชื่อแอลดีไฮด์

HCHO	methanal
CH_3CHO	ethanal
CH_3CH_2CHO	propanal
$CH_3(CH_2)_3CHO$	pentanal

8. คีโตน (ketone)

การเรียกชื่อคีโตน

CH_3COCH_3	propanone
$CH_3COCH_2CH_3$	butanone
$CH_3CH_2COCH_2CH_3$	3-pentanone

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

9. กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid)

HCOOH methanoic acid

CH_3COOH ethanoic acid

CH_3CH_2COOH propanoic acid

$CH_3(CH_2)_2COOH$ butanoic acid

การเรียกชื่อกรดคาร์บอกซิลิก

10. เอสเทอร์ (ester)

$HCOOCH_3$ CH_3COOCH_3 $CH_3COOCH_2CH_3$ $CH_3CH_2COOCH_3$

methyl methanoate methyl ethanoate ethyl ethanoate methyl propanoate

การเรียกชื่อเอสเทอร์

11. เอมีน (amine)

CH_3NH_2 methanamine

$CH_3CH_2NH_2$ ethanamine

$CH_3(CH_2)_4NH_2$ 1-pentanamine

$CH_3(CH_2)_5NH_2$ 1-hexanamine

การเรียกชื่อเอมีน

12. เอไมด์ (amide)

$HCONH_2$ methanamide

CH_3CONH_2 ethanamide

$CH_3CH_2CONH_2$ propanamide

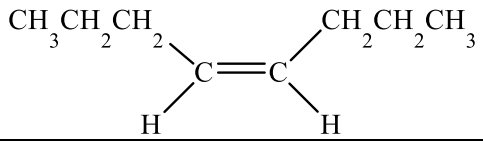
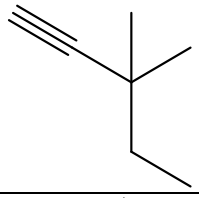
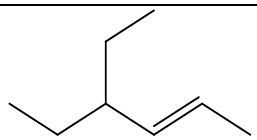
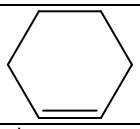
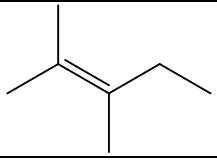
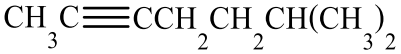
การเรียกชื่อเอไมด์

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์

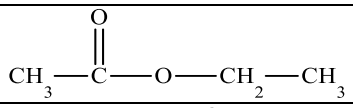
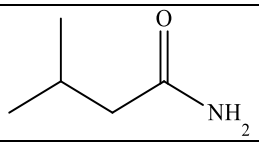
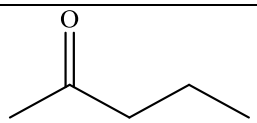
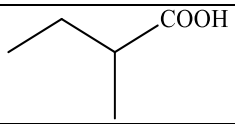
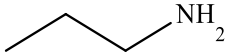
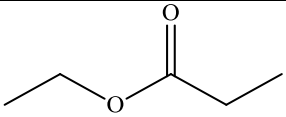
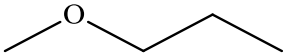
ชื่อ ..... นามสกุล ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

1. จงเติมช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ข้อ	สารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.		
2.		cyclobutene
3.		
4.		
5.		3-hexyne
6.		2-methyl-2-butene
7.		
8.		
9.		

2. จงเติมช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ข้อ	สารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ	ชื่อ IUPAC
1.			hexanoic acid
2.			
3.			
4.			butanol
5.			
6.			ethoxyethane
7.	$CH_3CH_2CH_2OH$		
8.			
9.			methyl propanoate
10.			
11.			butanamide
12.	$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2NH_2$		
13.			
14.			
15.			3-pentanone

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน และแนวคำตอบ

2. แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน แนวคำตอบ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน และเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน

3. เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

(ตัวอย่าง) **ฉบับก่อนเรียน**

แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

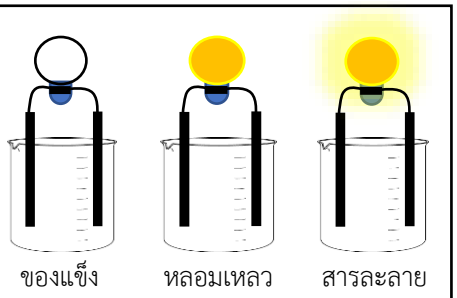
ชื่อ ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง

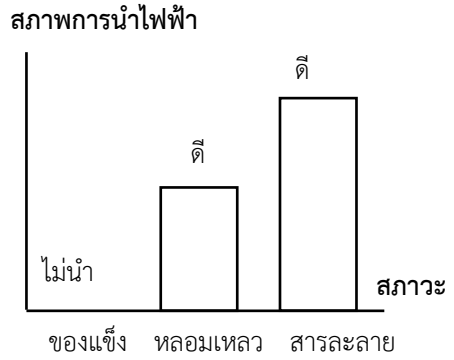
1. แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเรื่องพันธะเคมีฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ
2. ระยะเวลาในการทำทั้งหมด 100 นาที
3. โปรดเขียนคำตอบด้วยลายมือที่อ่านง่าย
4. ไม่อนุญาตให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนได้รับอนุญาต
5. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
6. โปรดส่งแบบทดสอบให้อาจารย์ผู้คุมสอบก่อนออกจากห้องสอบ

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

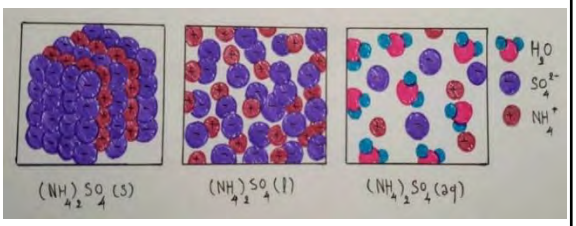
3. กำหนดแบบจำลองการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกในสภาวะของแข็ง หลอมเหลว และสารละลาย 4 รูปแบบ ได้แก่ 1. รูปภาพแสดงผลการทดสอบการนำไฟฟ้า 2. กราฟแสดงการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก 3. รูปวาดแบบจำลองโมเลกุล 4. การเขียนบรรยาย จากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ จงระบุว่าแบบจำลองใดเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการอธิบายการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกทั้ง 3 สภาวะ เพราะเหตุใด *(การเปรียบเทียบแบบจำลอง)*



1. รูปภาพแสดงผลการทดสอบการนำไฟฟ้า



2. กราฟแสดงการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก



3.รูปวาดแบบจำลองโมเลกุลของผลึกไอออนิก $(NH_4)_2SO_4$

ผลึกไอออนิกจะไม่นำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง เนื่องจากไอออนเคลื่อนที่ไม่ได้ แต่เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากไอออนสามารถเคลื่อนที่ได้และจะนำไฟฟ้าได้ดีเมื่ออยู่ในรูปสารละลายเนื่องจากผลึกไอออนิกเคลื่อนที่ได้สะดวกกว่า

4. การเขียนบรรยาย

<u>แนวคำตอบ</u> รูปวาดแบบจำลองโมเลกุลของผลึกไอออนิก $(NH_4)_2SO_4$ เหมาะสมมากที่สุดสำหรับการอธิบายการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก เนื่องจากมรการยกตัวอย่างแสดงการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกทั้ง 3 สภาวะ รูปวาดมีความสวยงาม มีสีสันที่แตกต่างกันแสดงถึงโมเลกุลที่ต่างกันได้อย่างชัดเจน ทำให้มองเห็นภาพว่าสารประกอบไอออนิกในสภาวะใดนำไฟฟ้าได้และอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดบางสภาวะจึงนำไฟฟ้าและบางสภาวะจึงไม่นำไฟฟ้าซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของไอออน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

นักเรียนคิดว่าแบบจำลองคืออะไร *(ธรรมชาติของแบบจำลอง)*

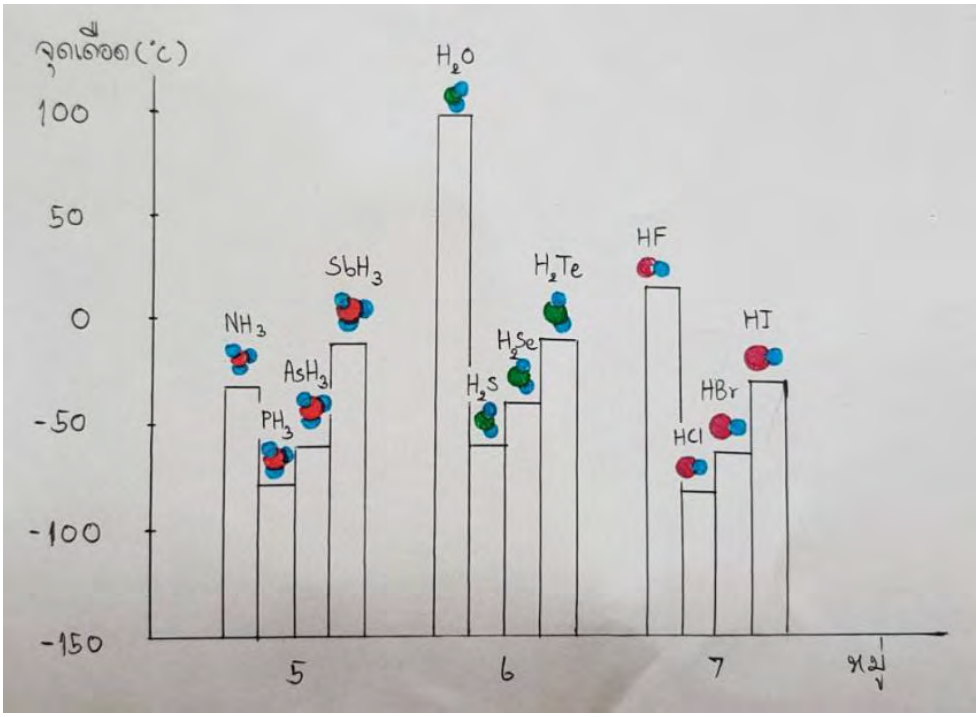
<u>แนวคำตอบ</u> แบบจำลอง คือ ตัวแทนของแนวคิด แสดงการเกิดหรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ ช่วยอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

นักเรียนคิดว่าจุดประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง หรือประโยชน์ของแบบจำลองมีอะไรบ้าง จงระบุเป็นข้อ ๆ *(จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง)*

<u>แนวคำตอบ</u>

1. เป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ 2. เป็นตัวแทนในการจำลองปรากฏการณ์
3. เป็นเครื่องมือในการสื่อสารเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ 4. เป็นตัวแทนที่ใช้ทำนายปรากฏการณ์
5. เป็นตัวแทนในการแสดงออกทางความคิด

4. จากกราฟแสดงจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ โดยแกน x แสดงการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 5(VA) 6(VIA) และ 7(VIIA) และแกน y แสดงจุดเดือดของสารประกอบ ดังรูป นักเรียนจะอธิบายจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์จากกราฟดังกล่าวได้อย่างไร *(การนำแบบจำลองไปใช้)*



กราฟแสดงจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 5(VA) 6(VIA) และ 7(VIIA)

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

<u>แนวคำตอบ</u> จากกราฟดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 5 กลุ่มที่ 2 เป็นการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 6 และกลุ่มที่ 3 เป็นการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 7 ทั้งสามกลุ่มเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล คือ แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว แนวโน้มจุดเดือดเพิ่มขึ้นเมื่อมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้นแต่สาเหตุที่ NH_3 H_2O และ HF มีจุดเดือดสูงที่สุดในแต่ละกลุ่มทั้ง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลน้อยที่สุด เนื่องจากโมเลกุลทั้งสามมีพันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยมระหว่างโมเลกุล

หากต้องการอธิบายจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ที่เกิดจากไฮโดรเจนรวมตัวกับธาตุหมู่ 4(IVA) กราฟที่ได้จะแตกต่างจากกราฟนี้หรือไม่ อย่างไร

<u>แนวคำตอบ</u> กราฟที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ แนวโน้มจุดเดือดเพิ่มขึ้นเมื่อมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาอะตอมในคาบเดียวกันพบว่าโมเลกุลจะมีจุดเดือดต่ำกว่าหมู่ 5 6 และ 7 เช่น CH_4 มีจุดเดือดต่ำกว่า NH_3 H_2O และ HF หรือ SiH_4 มีจุดเดือดต่ำกว่า PH_3 H_2S และ HCl เนื่องจากสารประกอบโคเวเลนต์ที่เกิดจากไฮโดรเจนรวมตัวกับธาตุหมู่ 4 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วจึงยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงลอนดอนเพียงอย่างเดียว

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

(ตัวอย่าง) **ฉบับหลังเรียน**

แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

เรื่อง เคมีอินทรีย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง

1. แบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองเรื่องเคมีอินทรีย์ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ

2. ระยะเวลาในการทำทั้งหมด 100 นาที

3. โปรดเขียนคำตอบด้วยลายมือที่อ่านง่าย

4. ไม่อนุญาตให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนได้รับอนุญาต

5. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ

6. โปรดส่งแบบทดสอบให้อาจารย์ผู้คุมสอบก่อนออกจากห้องสอบ

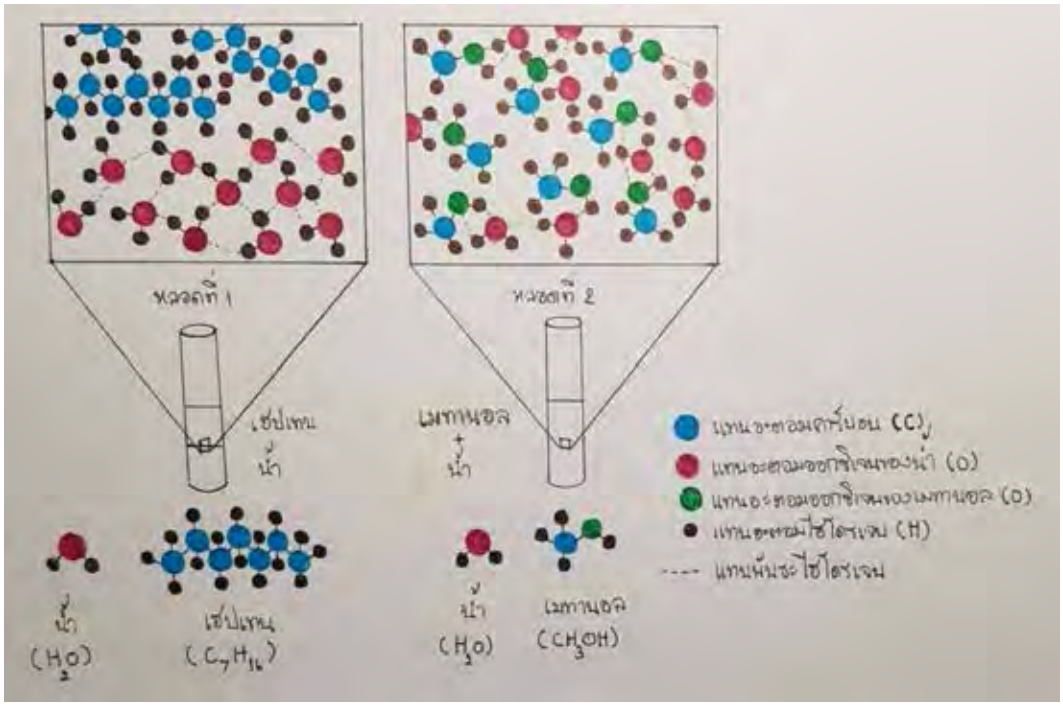
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2. ทดสอบการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลโดยทำการทดลองดังนี้

<u>หลอดที่ 1</u> หยดเฮปเทน 20 หยด จากนั้นเติมน้ำอีก 20 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกตการละลาย

<u>หลอดที่ 2</u> หยดเมทานอล 20 หยด จากนั้นเติมน้ำอีก 20 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกตการละลาย

ผลการทดลองพบว่าหลอดที่ 1 ไม่ละลายน้ำ สารแยกเป็น 2 ชั้น แต่หลอดที่ 2 ละลายน้ำได้ จงวาดภาพแบบจำลองโมเลกุลแสดงการละลายน้ำของสารประกอบทั้งสองพร้อมทั้งอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นและระบุองค์ประกอบของภาพให้ครบถ้วนชัดเจน *(การสร้างแบบจำลอง)*



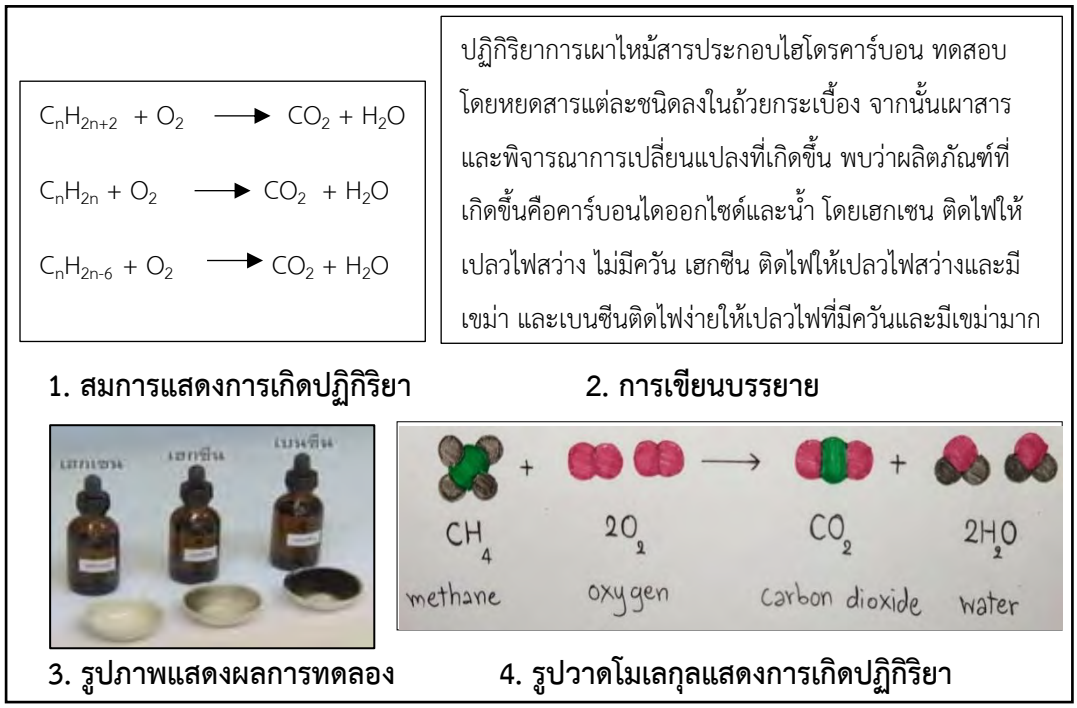
<u>แนวคำตอบ</u> หลอดที่ 1 แสดงแบบจำลองการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทน กำหนดให้สีแดงแทนอะตอมออกซิเจน สีฟ้าแทนอะตอมคาร์บอน และสีดำแทนอะตอมไฮโดรเจน จากรูปแสดงให้เห็นว่าโมเลกุลของเฮปเทนไม่ละลายน้ำเนื่องจากเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วแต่น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว สารจึงแยกออกเป็น 2 ชั้น โดยเฮปเทนอยู่ชั้นบนและน้ำอยู่ชั้นล่างเนื่องจากเฮปเทนมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ

หลอดที่ 2 แสดงแบบจำลองการละลายน้ำของเมทานอล กำหนดให้สีแดงแทนอะตอมออกซิเจนของน้ำ สีฟ้าแทนอะตอมคาร์บอน สีดำแทนอะตอมไฮโดรเจน และสีเขียวแทนอะตอมออกซิเจนของเมทานอล จากรูปแตกต่างจากการละลายน้ำของเฮปเทน คือ เมทานอลละลายน้ำได้

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

เนื่องจากเมทานอลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้วในโมเลกุลจึงเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลกับน้ำได้

3. กำหนดแบบจำลองเพื่อแสดงการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์การเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 4 รูปแบบ ได้แก่ 1. สมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา 2. การเขียนบรรยาย 3. รูปภาพแสดงผลการทดลอง 4. รูปวาดโมเลกุลแสดงการเกิดปฏิกิริยา จากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ จงระบุว่าแบบจำลองใดเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะเหตุใด *(การเปรียบเทียบแบบจำลอง)*



<u>แนวคำตอบ</u> *รูปวาดโมเลกุลแสดงการเกิดปฏิกิริยาเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งจากรูปเป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ สามารถอธิบายการสลายพันธะและการสร้างพันธะใหม่ของสารได้ โดยเกิดจากมีเทนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วคายพลังงานออกมา ทำให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลระหว่างสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ ทำให้รู้ว่าปฏิกิริยาใช้สารตั้งต้นและเกิดผลิตภัณฑ์อย่างละกี่โมเลกุล และแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำไปปรับใช้กับสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลอื่นได้โดยอาจเปลี่ยนจากมีเทนเป็นสารประกอบอื่น เช่น โพรพีน เบนซีน เป็นต้น*

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

5. คชาต้องการสร้างแบบจำลองแสดงการละลายน้ำของเอสเทอร์ แต่ไม่รู้ว่าเอสเทอร์ละลายน้ำได้หรือไม่และควรเริ่มต้นอย่างไร หากนักเรียนเป็นเพื่อนของคชา นักเรียนจะแนะนำขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการสร้างแบบจำลองนี้อย่างไร (จงระบุเป็นข้อ ๆ) *(การตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง)*

<u>แนวคำตอบ</u> *1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ)*

2) เลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแบบจำลอง

3) สร้างแบบจำลอง

4) เปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่น

5) ประเมินแบบจำลองตามความสมบูรณ์ของการระบุองค์ประกอบ และการตีความ

6) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบสำหรับปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่ อย่างไร *(ธรรมชาติของแบบจำลอง)*

<u>แนวคำตอบ</u> นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบได้ หากมีแนวคิดหรือคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปรากฏการณ์หรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เปลี่ยนไป แบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจเปลี่ยนแปลงได้

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน

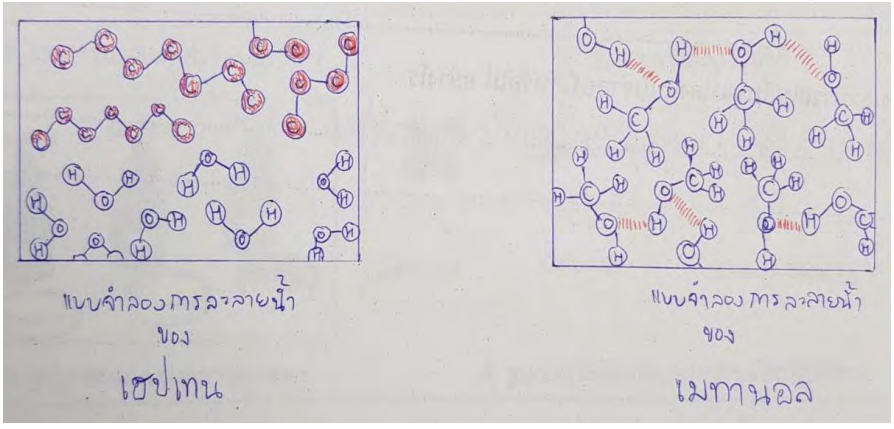
ตัวอย่างคำตอบข้อที่ 2 (การสร้างแบบจำลอง)

ข้อคำถาม *"ทดสอบการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลโดยทำการทดลองดังนี้ หลอดที่ 1 หยดเฮปเทน 20 หยด จากนั้นเติมน้ำอีก 20 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกต การละลาย หลอดที่ 2 หยดเมทานอล 20 หยด จากนั้นเติมน้ำอีก 20 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกตการละลาย ผลการทดลองพบว่าหลอดที่ 1 ไม่ละลายน้ำ สารแยกเป็น 2 ชั้น แต่หลอดที่ 2 ละลายน้ำได้ จงวาดภาพแบบจำลองโมเลกุลแสดงการละลายน้ำของสารประกอบทั้งสองพร้อมทั้งอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นและระบุองค์ประกอบของภาพให้ครบถ้วน"*

ระดับของการสร้างแบบจำลองมีทั้งหมด 5 ระดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 1

"หลอดที่ 1 เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลเคนจึงไม่ละลายน้ำ หลอดที่ 2 เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์จึงละลายน้ำได้" (level 1 : นักเรียนคนที่ 36)

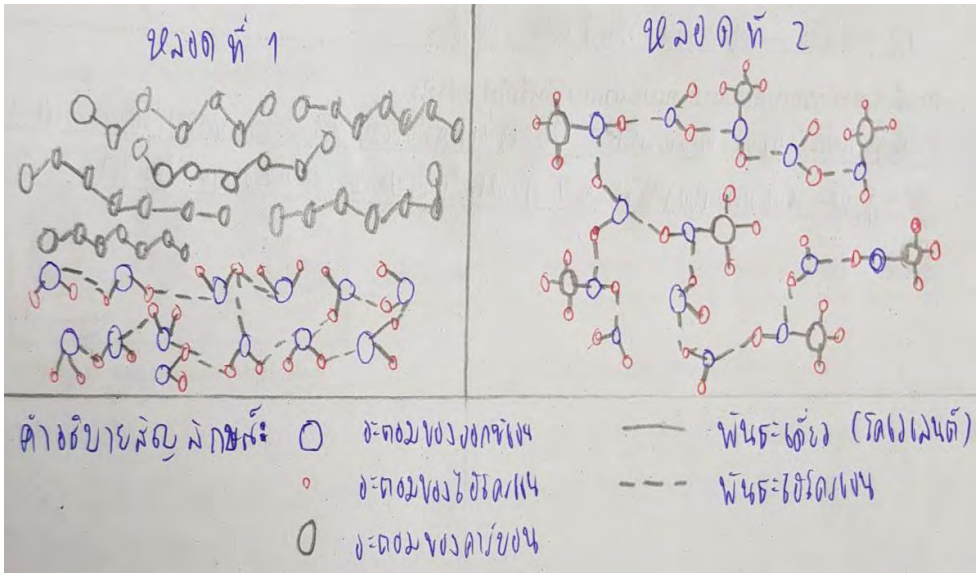


แผนภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 3

"หลอดที่ 1 เฮปเทนไม่ละลายน้ำ เนื่องจาก heptane เป็นสารประกอบ alkane ซึ่งไม่ละลายน้ำ หลอดที่ 2 เมทานอลละลายน้ำ เนื่องจากสามารถทำพันธะกับ Hydrogen ได้"

(level 3 : นักเรียนคนที่ 8)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97



แผนภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของการสร้างแบบจำลองระดับ 5

"ในหลอดที่ 1 เฮปเทนไม่มีการสร้างพันธะใด ๆ กับโมเลกุลของน้ำ ทำให้เกิดการแยกชั้นกัน โดยเฮปเทนจะอยู่เหนือน้ำเพราะมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าน้ำ

ในหลอดที่ 2 ส่วนหมู่ฟังก์ชันของเมทานอลเป็นส่วนที่มีขั้ว ทำให้เมื่ออยู่ใกล้โมเลกุลของน้ำแล้วจะมีการจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจนจะสร้างพันธะไฮโดรเจนซึ่งกันและกัน ทำให้เมทานอลและน้ำรวมกันจนแทบจะเป็นเนื้อเดียวกัน (ละลายน้ำได้ดี)" (level 5 : นักเรียนคนที่ 42)

จากแผนภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่า

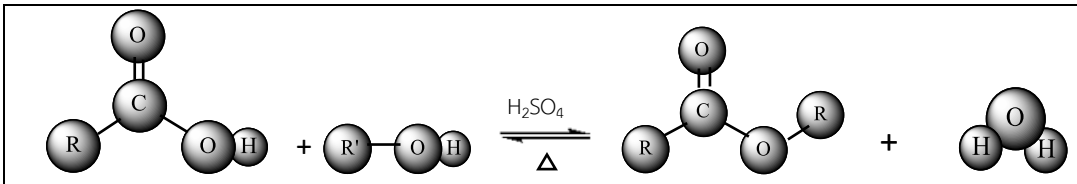
1) นักเรียนสร้างแบบจำลองการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีการระบุรายละเอียดของแบบจำลองเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจสิ่งที่ต้องการสื่อความหมาย ได้แก่ หมายเลขหลอดทดลอง คำอธิบายสัญลักษณ์ของอะตอมและพันธะ ชื่อของสารประกอบ และโครงสร้างของสารประกอบแต่ละชนิด

2) อธิบายการละลายน้ำของสารประกอบทั้ง 2 ชนิดได้ถูกต้อง รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการละลายน้ำที่เกิดจากสภาพขั้วของโมเลกุลที่แตกต่างกันได้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ตัวอย่างคำตอบข้อที่ 3 (การเปรียบเทียบแบบจำลอง)

ข้อคำถาม *"กำหนดแบบจำลองเพื่อแสดงการเป็นตัวแทนของการเกิดสารประกอบเอสเทอร์ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. การใช้โปรแกรม ChemDraw วาดรูปแบบจำลองโมเลกุลแสดงการเกิดปฏิกิริยา 2. การเขียนบรรยายแสดงแนวคิด 3. แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ จากแบบจำลองทั้ง 3 รูปแบบ จงระบุว่าแบบจำลองใดเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการอธิบายการเกิดสารประกอบเอสเทอร์ เพราะเหตุใด"*



carboxylic acid *alcohol* *ester* *water*

1. การใช้โปรแกรม ChemDraw วาดรูปแบบจำลองโมเลกุลแสดงการเกิดปฏิกิริยา

เอสเทอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ ซึ่งหมู่ -OH ของกรดคาร์บอกซิลิกถูกแทนที่ด้วย -OR ของแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือสารประกอบเอสเทอร์และน้ำ โดยเกิดในสภาวะที่อุณหภูมิสูงและมีกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรดโพรพาโนอิกและเอทานอลได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอทิลโพรพาโนเอตและน้ำ เป็นต้น

2. การเขียนบรรยายแสดงแนวคิด

การใช้ลูกปัดร้อยเส้นเชือกเพื่อเป็นตัวแทนของโมเลกุลสารตั้งต้น ได้แก่ กรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ เอสเทอร์และน้ำ โดยธาตุต่างชนิดกันจะใช้ลูกปัดสีต่างกัน

3. แบบจำลองที่แสดงด้วยรูปแบบ 3 มิติ

ระดับของการสร้างแบบจำลองมีทั้งหมด 3 ระดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

"แบบที่ 1 มีความน่าสนใจจากการใช้รูปภาพ แบบที่ 2 มีรายละเอียดที่ดีแต่ไม่น่าสนใจ แบบที่ 3 น่าสนใจแต่อาจเข้าใจยาก ดังนั้นแบบที่ 1 เหมาะสมที่สุด" (level 1 : นักเรียนคนที่ 34)

"แบบที่ 1 เพราะอธิบายการเกิดสารประกอบได้ค่อนข้างชัดเจน เข้าใจง่าย ต่างจากแบบที่ 2 ที่อ่านยาก ส่วนแบบที่ 3 จะยากในการควบคุมมุมพันธะ" (level 2 : นักเรียนคนที่ 24)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

“แบบที่ 1 มีความน่าสนใจจากการใช้รูปภาพและการระบุชื่อสารไว้ทำให้เข้าใจการเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย แบบที่ 2 มีรายละเอียดที่ดี แต่ขาดความน่าสนใจ แบบที่ 3 มีความน่าสนใจแต่อาจทำความเข้าใจยาก และมีขั้นตอนการประดิษฐ์ที่ลำบาก ดังนั้นแบบที่ 1 เหมาะที่สุด”

(level 3 : นักเรียนคนที่ 12)

จากคำตอบของนักเรียนคนที่ 12 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองแต่ละประเภทโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ 1) เปรียบเทียบแบบจำลองจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง และ 2) เปรียบเทียบจากการสื่อความหมายของแบบจำลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ที่กำหนด

ตัวอย่างคำตอบข้อที่ 3 (จุดประสงค์หรือประโยชน์ของการสร้างแบบจำลอง)

ข้อคำถาม *“นักเรียนคิดว่าจุดประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง หรือประโยชน์ของแบบจำลองมีอะไรบ้าง จงระบุเป็นข้อ ๆ”*

ระดับของการสร้างแบบจำลองมีทั้งหมด 4 ระดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

“ทราบถึงการเกิดปฏิกิริยา (level 1 : นักเรียนคนที่ 27)

“อธิบายสิ่งที่เข้าใจยากให้ง่ายได้ และฝึกทักษะการคิดนำไปสู่การคิดค้นประดิษฐ์ใหม่ ๆ ได้”

(level 2 : นักเรียนคนที่ 16)

“1. ทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

2. ทำให้สามารถพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ ได้

3. ทำให้เกิดบรรทัดฐานสำหรับทฤษฎีใหม่ได้ เช่น ทฤษฎีแบบจำลองอะตอม (พิสูจน์จากทฤษฎีก่อนหน้า)” (level 3 : นักเรียนคนที่ 42)

“1. ให้ผู้ที่ศึกษาต่อสามารถเข้าใจสิ่งที่เราจำลองได้ง่ายขึ้น

2. ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดได้ยากหรือไม่สามารถทดลองได้

3. ผู้อื่นสามารถนำไปคิดต่อยอดเป็นเทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ

4. ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ทางด้านวิทยาศาสตร์” (level 4 : นักเรียนคนที่ 21)

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ตัวอย่างคำตอบข้อที่ 5 (การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง)

ข้อคำถาม *"ธิติวุฒิต้องการสร้างแบบจำลองแสดงการละลายน้ำของสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง แต่ไม่รู้ว่าควรเริ่มต้นอย่างไร หากนักเรียนเป็นเพื่อนของธิติวุฒิ นักเรียนจะแนะนำขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการสร้างแบบจำลองนี้อย่างไร (จงระบุเป็นข้อ ๆ)"*

ระดับของการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองมีทั้งหมด 5 ระดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

"1. วิเคราะห์การละลายน้ำจริง - ลองนำสารไปละลายน้ำและบันทึกในอุณหภูมิที่ต่างกัน

2. เทียบกับข้อมูลทฤษฎี - นำผลจากข้อแรกมาเทียบกับผลทางทฤษฎีว่าตรงกันหรือไม่ (ดูว่าสารนั้นสามารถสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำได้ไหม)

3. ประเมินผลแรกเริ่ม - หากข้อมูลที่เทียบไม่สอดคล้องกัน ควรวิเคราะห์ถึงความผิดพลาดให้ครบถ้วนแล้วทำการวิเคราะห์ผลใหม่

4. สร้างแบบจำลอง - สร้างแบบจำลองจากข้อมูล โดยควรประกอบด้วยรูปโมเลกุลและคำอธิบาย" (level 2 : นักเรียนคนที่ 42)

"1. ศึกษาข้อมูลของสารประกอบอินทรีย์ชนิดนั้นในด้านคุณสมบัติ เช่น การเกิด H-bond การละลายน้ำ ความมีขั้วของสาร

2. ศึกษาข้อมูลและแบบจำลองของสารประกอบอินทรีย์ในตระกูลเดียวกันหรือมีโครงสร้างใกล้เคียงกัน (เช่น C มากกว่า 1 ตัว)

3. สร้างแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากข้อ 1 และข้อ 2" (level 2 : นักเรียนคนที่ 20)

"- ศึกษาการละลายน้ำของสารประกอบอินทรีย์ชนิดนั้นอย่างละเอียด

- นำข้อมูลมาสรุปสาระสำคัญ

- วิเคราะห์ว่าผลลัพธ์ที่ได้ว่าเหมาะสมที่จะนำไปสร้างแบบจำลองในรูปแบบใด

- วางแผนว่าแบบจำลองของเรามีเนื้อหาอย่างไร มีอะไรดึงดูดความสนใจหรือไม่

- ทำการลงมือสร้างแบบจำลองให้ตรงตามแผนที่วางไว้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

- ปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ไม่ครบหรือไม่เหมาะสม (ถ้ามี) ” (level 4 : นักเรียนคนที่ 15)

จากคำตอบของนักเรียนคนที่ 15 แสดงให้เห็นว่า

1) เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนอธิบายขั้นตอนที่สำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (ศึกษาการละลายน้ำของสารประกอบอินทรีย์ชนิดนั้นอย่างละเอียด นำข้อมูลมาสรุปสาระสำคัญ) 2) เลือกรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลอง (วิเคราะห์ผลที่ได้เหมาะสมที่จะนำไปสร้างแบบจำลองในรูปใด) 3) สร้างแบบจำลอง (ทำการลงมือสร้างแบบจำลองให้ตรงตามแผนที่วางไว้) และ 4) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (ปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ไม่ครบหรือไม่เหมาะสม)

ตัวอย่างคำตอบข้อที่ 5 (ธรรมชาติของแบบจำลอง)

ข้อคำถาม *“นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบสำหรับปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด”*

ธรรมชาติของแบบจำลองมีระดับคะแนนทั้งหมด 5 ระดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

“มี เพราะการเกิดปฏิกิริยาที่หลากหลายจึงมีไว้เพื่อศึกษาต่าง ๆ”

(0 คะแนน : นักเรียนคนที่ 27)

“สามารถมีได้ เพราะแบบจำลองเดียวอาจไม่สามารถอธิบายทุกด้านของปรากฏการณ์ใด ปรากฏการณ์หนึ่งได้ จึงต้องสร้างแบบจำลองมาเพิ่ม” (2 คะแนน : นักเรียนคนที่ 42)

“มากกว่าได้ เพราะการสร้างแบบจำลองไม่มีรูปแบบที่ตายตัว และนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนก็มีแนวคิดที่แตกต่างกัน” (2.5 คะแนน : นักเรียนคนที่ 12)

“ได้ เพราะแบบจำลองเกิดจากความคิดและความเข้าใจในแต่ละคน ซึ่งแต่ละคนก็มีความเข้าใจและความสามารถในการอธิบายแตกต่างกัน จึงสร้างแบบจำลองได้แตกต่างกัน เช่น การละลายน้ำอาจสามารถอธิบายได้ด้วยความมีขั้วหรือความหนาแน่นก็ได้” (3 คะแนน : นักเรียนคนที่ 20)

จากคำตอบของนักเรียนคนที่ 20 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนอธิบายว่ารูปแบบของแบบจำลองขึ้นอยู่กับแนวความคิดและความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ของแต่ละบุคคล

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

1. การสร้างแบบจำลอง (model construction)

ตารางที่ 32 ระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้น้อยกว่า 50% อธิบายการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลไม่ครบถ้วน
Level 2	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 50% อธิบายการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลไม่ครบถ้วน
Level 3	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 50% พร้อมกับอธิบายการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลได้ครบถ้วนถูกต้อง
Level 4	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้น้อยกว่า 75% พร้อมกับอธิบายการละลายน้ำและสาเหตุของการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและ เมทานอลได้ครบถ้วนถูกต้อง ได้แก่ สภาพขั้วของโมเลกุล
Level 5	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 75% (ได้แก่ หมายเลขของหลอดทดลอง โครงสร้างของสารประกอบแต่ละชนิด ชื่อสารประกอบ) พร้อมกับอธิบายการละลายน้ำและสาเหตุของการละลายน้ำของสารประกอบเฮปเทนและเมทานอลได้ครบถ้วนถูกต้อง ได้แก่ สภาพขั้วของโมเลกุล

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

2. การเปรียบเทียบแบบจำลอง (model comparison)

ตารางที่ 33 ระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ระดับของการเปรียบเทียบแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง เช่น สารตั้งต้น สารผลิตภัณฑ์ สีของเขม่า ความสวยงาม หรือไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้
Level 2	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการอธิบายการเกิดการเผาไหม้และสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์การเผาไหม้
Level 3	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองและการอธิบายการเกิดการเผาไหม้และสาเหตุการเกิดของการเกิดปรากฏการณ์การเผาไหม้

3. การตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 34 ระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	สร้างแบบจำลองจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย)
Level 2	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) และ 2) สร้างแบบจำลอง
Level 3	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) สร้างแบบจำลอง 3) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ระดับของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
	หรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น และ 4) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
Level 4	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) สร้างแบบจำลอง 3) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริง หรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 4) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 5) ทดสอบแบบจำลอง และ 6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3) ถึงขั้นตอนที่ 5)
Level 5	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) เลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแบบจำลอง 3) สร้างแบบจำลอง 4) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริง หรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 5) ประเมินแบบจำลอง 6) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 7) ทดสอบแบบจำลอง และ 8) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 4) ถึงขั้นตอนที่ 7)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

4. ธรรมชาติของแบบจำลอง (nature of model)

ตารางที่ 35 ระดับคะแนนของธรรมชาติของแบบจำลอง

คำถาม / คะแนน	1.นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบสำหรับปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
0	นักวิทยาศาสตร์ต้องมีแบบจำลองเพียงแบบเดียวเท่านั้นหรือตอบว่านักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบแต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน
1	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบหากแบบแรกไม่ถูกต้องหรือบกพร่องและสามารถสร้างแบบจำลองจากวัสดุที่ต่างกันได้
2	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบขึ้นอยู่กับมุมมองที่มีต่อปรากฏการณ์หรือวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบ จำลองหรือยกตัวอย่างแบบจำลองที่แตกต่างกันในปรากฏการณ์เดียวกัน
2.5	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบ ขึ้นอยู่กับแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ เช่น ได้รับข้อมูลเพิ่มเติม
3	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบขึ้นอยู่กับแนวคิดและการอธิบายการเกิดหรือกระบวนการเกิดปรากฏการณ์

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

เกณฑ์การประเมินองค์ประกอบของสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

1. การปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Modeling Practices)

1.1 การสร้างแบบจำลอง (Model Construction)

ตารางที่ 36 ระดับขององค์ประกอบการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้น้อยกว่า 50% อธิบายการเกิดปรากฏการณ์ไม่ครบถ้วน
Level 2	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 50% อธิบายการเกิดปรากฏการณ์ไม่ครบถ้วน
Level 3	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 50% พร้อมกับอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ได้ครบถ้วนถูกต้อง
Level 4	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้น้อยกว่า 75% พร้อมกับอธิบายการเกิดและสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ได้ครบถ้วนถูกต้อง
Level 5	ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองได้มากกว่า 75% พร้อมกับอธิบายการเกิดและสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ได้ครบถ้วนถูกต้อง

1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ (Model Use)

ตารางที่ 37 ระดับขององค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้

ระดับของการนำแบบจำลองไปใช้	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้
Level 2	อธิบายการเกิดปรากฏการณ์ได้
Level 3	อธิบายการเกิดปรากฏการณ์ได้และสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิมได้
Level 4	อธิบายการเกิดและสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ได้ รวมทั้งนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทใหม่ที่ใกล้เคียงกับบริบทเดิมได้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Model Comparison)

ตารางที่ 38 ระดับขององค์ประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ระดับของการเปรียบเทียบแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง หรือไม่ตอบคำถาม หรือไม่สามารถแปลความได้
Level 2	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์หรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์
Level 3	เปรียบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง และการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์หรือสาเหตุของการเกิดของปรากฏการณ์

2. การตระหนักรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling Knowledge)

2.1 ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Models)

ตารางที่ 39 ระดับขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลอง

ระดับของธรรมชาติของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	อธิบายธรรมชาติของแบบจำลองได้น้อยกว่า 25%
Level 2	อธิบายธรรมชาติของแบบจำลองได้ 25-49%
Level 3	อธิบายธรรมชาติของแบบจำลองได้ 50-75%
Level 4	อธิบายธรรมชาติของแบบจำลองได้มากกว่า 75%

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

โดยธรรมชาติของแบบจำลองมีข้อคำถามทั้งหมด 6 ข้อ ดังนี้

ตารางที่ 40 ข้อคำถามและคะแนนขององค์ประกอบธรรมชาติของแบบจำลอง

คำถาม	คะแนน				
	0	1	2	2.5	3
1.นักเรียนคิดว่าแบบจำลองคืออะไร	ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้	นักเรียนให้ตัวอย่างแบบจำลองแต่ไม่ได้อธิบายว่าแบบ จำลองเป็นอย่างไร	แบบจำลอง คือ ตัวแทนของปรากฏการณ์	แบบจำลอง คือ แนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์	แบบจำลอง คือ แนวคิดที่แสดงการเกิดหรือสาเหตุของการเกิด ปรากฏการณ์ช่วยอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น
2.นักเรียนคิดว่าแบบจำลองสร้างขึ้นเพื่ออะไร	ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้	เพื่อแสดงบางสิ่งบางอย่าง	เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อปรากฏการณ์มากขึ้น หรือเป็นตัวแทนสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเป็นอันตราย	เพื่อแสดงถึงแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์	เพื่อแสดงแนวคิดในการ อธิบายการเกิดหรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์หรืออธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ของปรากฏการณ์
3.แบบจำลองต้องมีลักษณะใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่ อย่างไร	ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้	แบบจำลองที่สร้างขึ้นควรใกล้เคียง กับสิ่งที่แท้จริงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น อาจมีขนาดเล็กลงหรือใหญ่ขึ้นจากความเป็นจริง	แบบจำลองไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงกับความจริงแต่ต้องเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์	แบบจำลองไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงกับความจริงแต่ต้องเป็นตัวแทนแนวคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์	แบบจำลองไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่ต้องเป็นตัวแทนแนวคิดเพื่ออธิบายการเกิดและสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์
4.นักเรียนสามารถ	ไม่ตอบคำถามหรือตอบได้	แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้	แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้	แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้	แบบจำลองเปลี่ยนแปลงได้

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

คำถาม	คะแนน				
	0	1	2	2.5	3
เปลี่ยนแปลงแบบจำลองได้หรือไม่ เพราะเหตุใด	แต่ไม่ให้เหตุผลหรือไม่สามารถแปลความได้	แต่ ให้เหตุผลไม่ชัดเจน เช่น เปลี่ยนแปลงได้หากองค์ประกอบบางส่วนขาดหายไป หรือเป็นอันตราย	เมื่อกระบวนการสร้างเปลี่ยนแปลงหรือเมื่อแบบจำลองมีข้อบกพร่อง	เมื่อมีแนวคิดเปลี่ยนไป เช่น มีข้อมูลเพิ่มเติม	เมื่อ มีแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทำงานหรือสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เปลี่ยนไป
5.นักเรียนรู้ได้อย่างไรว่าควรมีรายละเอียดอะไรบ้างในแบบจำลอง	ไม่ตอบคำถามหรือไม่สามารถแปลความได้	อธิบายไม่ชัดเจน เช่น ต้องมีข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริง ต้องมีลูกศร การกำกับชื่อ โดยไม่อธิบายจุดประสงค์ของแบบจำลอง	มุ่งเน้นจุดประสงค์ ของการสร้างแบบจำลอง	มุ่งเน้นการเป็นตัวแทนทางความคิดที่แสดงถึงความเข้าใจต่อปรากฏการณ์	มุ่งเน้นการเป็นตัวแทนทางความคิดที่แสดงถึงความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งสามารถพิสูจน์และทำนายปรากฏการณ์ได้
6.นักวิทยา - ศาสตร์มีแบบจำลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบสำหรับปรากฏการณ์เดียวกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด	นักวิทยาศาสตร์ต้องมีแบบจำลองเพียงแบบเดียวเท่านั้น หรือตอบว่านักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบแต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบ หากแบบแรกไม่ถูกต้องหรือบกพร่องและสามารถสร้างแบบจำลองจากวัสดุที่ต่างกันได้	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบขึ้นอยู่กับมุมมองที่มีต่อปรากฏการณ์หรือวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองหรือยกตัวอย่างแบบจำลองที่แตกต่างกันในปรากฏการณ์เดียวกัน	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบขึ้นอยู่กับแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ เช่น ได้รับข้อมูลเพิ่มเติม	นักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งแบบขึ้นอยู่กับแนวคิดและการอธิบายการเกิดหรือกระบวนการเกิดปรากฏการณ์

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

2.2 จุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง (Purpose or Utility of Models)

ตารางที่ 41 ระดับขององค์ประกอบจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง

ระดับของจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองได้ 1 ข้อ
Level 2	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองได้ 2 ข้อ
Level 3	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองได้ 3 ข้อ
Level 4	อธิบายจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลองได้มากกว่า 3 ข้อ

3. การตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Metacognitive Knowledge about the Modeling Process)

ตารางที่ 42 ระดับขององค์ประกอบการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ระดับของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 1	สร้างแบบจำลองจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย)
Level 2	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) และ 2) สร้างแบบจำลอง
Level 3	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) สร้างแบบจำลอง 3) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น และ 4) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ระดับของการตระหนักรู้ตนเองเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	ความหมายของแต่ละระดับ
Level 4	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) สร้างแบบจำลอง 3) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 4) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 5) ทดสอบแบบจำลอง และ 6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3) ถึงขั้นตอนที่ 5)
Level 5	สร้างแบบจำลองตามขั้นตอนดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ (เช่น การสังเกต การดูวิดีทัศน์ หนังสือ การอภิปราย) 2) เลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแบบจำลอง 3) สร้างแบบจำลอง 4) เปรียบเทียบแบบจำลองกับปรากฏการณ์จริงหรือเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 5) ประเมินแบบจำลอง 6) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 7) ทดสอบแบบจำลอง และ 8) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 4) ถึงขั้นตอนที่ 7)

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

(ตัวอย่าง)

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

เรื่อง เคมีอินทรีย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 29 ข้อ รวมคะแนนเต็มคิดเป็น 29 คะแนน โดยประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

1.1 พันธะของคาร์บอน

1.2 หมู่ฟังก์ชัน

1.3 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1.4 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

2. ข้อคำถามในแบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คือ 1. 2. 3. และ 4. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แนบมากับแบบทดสอบ โดยใช้เกณฑ์ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน

3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 100 นาที

4. ไม่อนุญาตให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนได้รับอนุญาต

5. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ

6. โปรดส่งแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้อาจารย์ผู้คุมสอบก่อนออกจากห้องสอบ

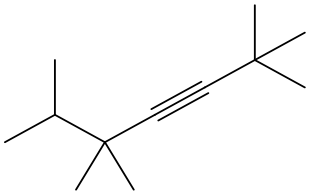
CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

1. สูตรโครงสร้างใดให้โครงสร้างแบบซิส-ทรานส์ไอโซเมอร์ *(ความรู้)*

1. $CH_3CH=CHCH_3$ 2. $(CH_3)_2C=CH_2$

3. $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2$ 4. $(CH_3CH_2)CH_3C=C(CH_3)_2$

3. จากสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมต่อไปนี้



ข้อใดคือสูตรโครงสร้างแบบย่อ (condensed formula) ของสารประกอบดังกล่าว *(ความเข้าใจ)*

1. $(CH_3)_2CHC(CH_3)_2C{\equiv}CC(CH_3)_3$ 2. $(CH_3)_2CH_2C(CH_3)_2C{\equiv}CCH(CH_3)_3$

3. $(C_3H_7)C(CH_3)_2C{\equiv}CCH(CH_3)_3$ 4. $(CH_3)_3CCH(CH_3)_2C{\equiv}CC(CH_3)_3$

5. การจัดเรียงโครงสร้างของสารประกอบแอลเคน ทำได้ดังนี้

1) นำลูกพลาสติกกลมสีดำจำนวน 6 ลูก ต่อกันให้เป็นโซ่ยาวเพื่อแทนอะตอมของคาร์บอน

2) นำลูกพลาสติกกลมสีขาวต่อเข้ากับอะตอมของคาร์บอน**ในข้อที่ 1)** ให้ครบทุกพันธะเพื่อแทนอะตอมของไฮโดรเจน

3) เปลี่ยนโครงสร้างจาก**ข้อที่ 2)** ให้เป็นโครงสร้างแบบโซ่กิ่ง โดยกำหนดให้ใช้ลูกพลาสติกสีดำจำนวนเท่าเดิม

4) เขียนโครงสร้างที่ได้ทั้งหมด

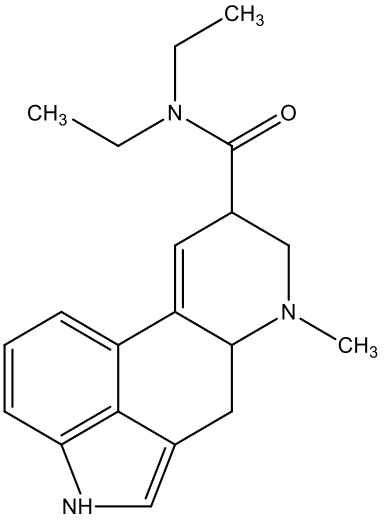
จากโครงสร้างทั้งหมดที่สร้างขึ้น นักเรียนคิดว่าสารประกอบดังกล่าวมีสมบัติใดแตกต่างกันบ้าง *(กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)*

1. จุดเดือดและการละลายน้ำ 2. จุดเดือดและจุดหลอมเหลว

3.การละลายน้ำและจุดหลอมเหลว 4. จุดเดือด การละลายน้ำ และจุดหลอมเหลว

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

9. LSD เป็นยาเสพติดชนิดหนึ่ง มีสูตรโครงสร้างดังนี้

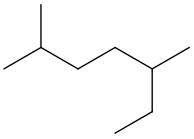


ข้อใดระบุจำนวนหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญใน LSD ได้ถูกต้อง *(ความเข้าใจ)*

	หมู่คาร์บอกซิล	หมู่อะมิโน	หมู่เอไมด์
1.	0	1	2
2.	0	2	1
3.	1	2	1
4.	1	3	0

13. ในห้องปฏิบัติการเคมีแห่งหนึ่งมีขวดสารเคมี 2 ขวด บรรจุแอลเคน 1 ขวด และไซโคลแอลคีน 1 ขวด แต่ป้ายชื่อหลุดหาย ทำอย่างไรจึงจะทราบว่าสารแต่ละขวดเป็นสารใด *(ความรู้)*

1. แบ่งสารจากขวดทั้ง 2 ทดสอบการละลายน้ำ
2. แบ่งสารจากขวดทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากับโบรมีนในที่สว่าง
3. แบ่งสารจากขวดทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากับสารละลาย $KMnO_4$
4. แบ่งสารจากขวดทั้ง 2 ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

14. ชื่อระบบ IUPAC ของสาร  คือข้อใด *(ความเข้าใจ)*

1. 5 – ethyl – 2 – methylhexane
2. 2 – ethyl – 5 – methylhexane
3. 3,6 – dimethylheptane
4. 2,5 – dimethylheptane

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 17-18

พิสิฐทำการทดสอบสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน A B และ C และได้บันทึกผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงผลการทดสอบสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิด

สมบัติ / สาร	การเผาไหม้	การทำปฏิกิริยากับโบรมีนในที่มืด	การทำปฏิกิริยากับโบรมีนในที่สว่าง	การทำปฏิกิริยากับ $KMnO_4$
สาร A	ติดไฟได้ ไม่มีเขม่า	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
สาร B	ติดไฟได้ มีเขม่า	สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี	สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี	สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี
สาร C	ติดไฟได้ มีเขม่ามาก	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

17. หากทดสอบการละลายน้ำของสาร A B และ C ควรได้ผลการทดลองเป็นอย่างไร *(กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)*

1. สารทั้ง 3 ชนิดไม่ละลายน้ำ เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2. สารทั้ง 3 ชนิดละลายน้ำได้ เนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีขั้ว

3. สาร A ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว ส่วนสาร B และ C ละลายน้ำได้ เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัว

4. สาร A ละลายน้ำได้ เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว ส่วนสาร B และ C ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัว

18. จากข้อมูลข้างต้น ข้อใดแปลความได้**ไม่ถูกต้อง** *(กระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)*

1. เมื่อสาร A ทำปฏิกิริยากับโบรมีนในที่สว่าง ถ้าใช้กระดาษลิตมัสชื้นไปอังที่ปากภาชนะจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

2. สาร B เป็นสารประกอบประเภทแอลคีนหรือแอลเคนที่เป็นวง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับโบรมีนในที่มืดได้

3. สาร A เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว ส่วนสาร B และสาร C เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัว

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

4. ปฏิกิริยาระหว่างสาร A กับโบรมีน เรียกว่าปฏิกิริยาการแทนที่ ส่วนปฏิกิริยาระหว่างสาร B กับโบรมีน เรียกว่าปฏิกิริยาการเติม

19. ถ้าต้องการใช้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิง ควรเลือกสารประกอบประเภทใด เพราะเหตุใด *(การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้)*

1. แอลเคน เพราะในโมเลกุลมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

2. แอลคีน เพราะในโมเลกุลมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

3. แอลไคน์ เพราะในโมเลกุลมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะสามอย่างน้อย 1 พันธะจึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

4. อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เพราะในโมเลกุลมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยวและมีโครงสร้างเป็นวง จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

29. หากติณณภพเป็นโรคกรดไหลย้อนควรทานผลไม้ใดต่อไปนี้ *(การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้)*

1. มะยม เนื่องจากสารสกัดจากมะยมมีกรดคาเฟอิก และกรดไฮโปแกลลิก จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อกระเพาะอาหาร

2. ฝรั่ง เนื่องจากมีวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และกรดโฟลิก จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อกระเพาะอาหาร

3. สับปะรด เนื่องจากมีกรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อกระเพาะอาหาร

4. กล้วย เนื่องจากมีวิตามินซี สารไซโตอินโดไซด์ และสารลิวโคไซยาไนดิน จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อกระเพาะอาหาร

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ภาคผนวก ง
กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ตารางที่ 43 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน ประเด็นการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
1	พันธะของคาร์บอน	4	- ความหมายของสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ - การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุม - การเขียนไอโซเมอร์ - ไอโซเมอร์แบบซิสและไอโซเมอร์แบบทรานส์	**ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (100 นาที)** - ครูตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความหมายของสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ - ครูอธิบายการแบ่งประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้แบบจำลองโมเลกุลจากโปรแกรม ChemDraw และแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติประกอบการสอน จากนั้นให้นักเรียนระบุประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์จากสูตรโครงสร้างที่กำหนดให้ - นักเรียนศึกษาการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ จากนั้นทำใบงานที่ 1 เรื่อง การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ และร่วมกันอภิปรายข้อดีและข้อจำกัดของสูตรโครงสร้างแต่ละรูปแบบ - ครูให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบบิวเทน (C_4H_{10}) เพื่อนำไปสู่ความรู้เรื่องไอโซเมอร์ **ระยะที่ 2 การแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (50 นาที)** - นักเรียนทำกิจกรรม “ฉันมีโครงสร้างอะไรบ้าง” โดยครูกำหนดสูตรโมเลกุลเฮกเซน (C_6H_{14}) และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนไอโซเมอร์

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				- นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายวิธีการเขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบแอลเคน โดยเขียนลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ (แบบจำลองที่นักเรียนแสดงออกจะเป็นหลักการเขียนไอโซเมอร์ซึ่งอยู่ในลักษณะของข้อความ) แล้วส่งตัวแทนนำเสนอหน้าชั้นเรียน - นักเรียนเปรียบเทียบวิธีการเขียนไอโซเมอร์ของกลุ่มตนเองกับกลุ่มเพื่อนเพื่อพิจารณาสิ่งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการเขียนไอโซเมอร์ **ระยะที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง (30 นาที)** - นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบความสมบูรณ์ของวิธีการเขียนไอโซเมอร์ที่สร้างขึ้น โดยเขียนไอโซเมอร์จากสูตรโมเลกุลที่ครูกำหนดให้ - ปรับปรุงแก้ไขวิธีการเขียนไอโซเมอร์ตามข้อควรปรับปรุงต่าง ๆ เพื่อให้สามารถอธิบายวิธีการได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น - ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการเขียนไอโซเมอร์ **ระยะที่ 4 การประเมินแบบจำลอง (20 นาที)** - นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุขอบเขตและข้อจำกัดของวิธีการเขียนไอโซเมอร์ - ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาต่อโครงสร้างของ 2-butene โดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ ได้โครงสร้าง cis-2-butene และ trans-2-butene เพื่อนำไปสู่การอธิบายไอโซเมอร์

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				แบบซิสและไอโซเมอร์แบบทรานส์ - ครูให้นักเรียนสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมและทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง หมู่ฟังก์ชันและไอโซเมอร์
2	การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	4	- การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ	**ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (15 นาที)** - ครูตรวจสอบความรู้เดิมโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่รู้จัก - ครูกระตุ้นความสนใจโดยยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีหลายไอโซเมอร์ จากนั้นถามนักเรียนว่าหากสารประกอบอินทรีย์มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวอย่างไร **ระยะที่ 2 การแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (85 นาที)** - นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมที่ 2 “ฉันชื่ออะไร” โดยเป็นใบกิจกรรมการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคน จากนั้นร่วมกันระดมความคิดเพื่อเขียนหลักการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคน โดยเขียนลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ (แบบจำลองที่นักเรียนแสดงออกจะเป็นหลักการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคนซึ่งอยู่ในลักษณะของข้อความ) - ตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เปรียบเทียบความแตกต่างของหลักการอ่านชื่อในแต่ละกลุ่มและร่วมกันอภิปราย - ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการอ่านชื่อ IUPAC ของสารประกอบแอลเคนเป็นมติ

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				ของชั้นเรียน **ระยะที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง (15 นาที)** - อ่านชื่อสารประกอบแอลเคนจากตัวอย่างที่ครูกำหนดให้โดยใช้หลักการอ่านชื่อที่เป็นมติของชั้นเรียน - ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการอ่านชื่อ IUPAC ของสารประกอบแอลเคนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้สามารถอ่านชื่อได้อย่างครอบคลุมทุกรูปแบบ **ระยะที่ 4 การประเมินแบบจำลอง (85 นาที)** - นักเรียนร่วมกันระบุขอบเขตและข้อจำกัดของการอ่านชื่อสารประกอบแอลเคน - ครูให้นักเรียนพิจารณาใบความรู้ เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ จากนั้นร่วมกันสรุปการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ - ครูให้นักเรียนสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมและทำแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์
3	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	3	- ความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือด กับจำนวนอะตอมของคาร์บอนใน	**ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (50 นาที)** - ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับสูตรทั่วไปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยการอภิปรายจากแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติที่กำหนดให้ - ครูให้ตัวแทนกลุ่มออกมาเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์กลุ่มละ 1 ชนิดบน

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
			โมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ - เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน	กระดาน กำหนดให้สารประกอบนี้มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม เพื่อนำไปสู่การเขียนสูตรทั่วไปของสารประกอบอินทรีย์ - ครูตรวจสอบความรู้เดิมเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จนนำไปสู่การอธิบายแนวโน้มของจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิด - ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยให้ชมวิดีทัศน์การละลายน้ำของสารประกอบเฮกเซนและเอทานอลจากนั้นร่วมกันอภิปรายการละลายน้ำของสารประกอบทั้งสอง - ครูแสดงแบบจำลองการละลายน้ำของสารประกอบเฮกเซนและเอทานอลระดับโมเลกุลพร้อมทั้งอธิบายแบบจำลองดังกล่าว - ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง โดยถามนักเรียนว่า “หากทดสอบการละลายน้ำของสารประกอบเฮกซีน เมทานอล เอทิลแอซีเตต และกรดบิวทาโนอิก นักเรียนคิดว่าจะได้ผลการทดสอบเป็นอย่างไร” **ระยะที่ 2 การแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (50 นาที)** - ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพแบบจำลองแสดงการละลายน้ำของสารประกอบดังกล่าวลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ กลุ่มละ 1 ชนิด โดยใช้วิธีการจับสลากเลือกชนิดของสารประกอบ

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลอง พร้อมทั้งให้นักเรียนเปรียบเทียบผลงานของกลุ่มตนเองกับกลุ่มเพื่อน แล้วพิจารณาถึงสิ่งเหมือนกันและแตกต่างกัน **ระยะที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง (20 นาที)** - ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองเชิงประจักษ์ โดยทดสอบการละลายน้ำของเฮกซีน เมทานอล เอทิลแอซีเตต และกรดบิวทาโนอิก - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง **ระยะที่ 4 การประเมินแบบจำลอง (30 นาที)** - ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองการละลายน้ำระหว่างสารประกอบที่มีขั้วและไม่มีขั้ว - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์
4	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	4	- การเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	**ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (50 นาที)** - ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องปฏิกิริยาเคมีและการแบ่งประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน - นักเรียนชมวิดีทัศน์การเผาไหม้ของสารประกอบเฮปเทนและโทลูอีน - ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและเขียนสมการปฏิกิริยาการเผาไหม้

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
			- เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาของสารประกอบแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	- ครูให้นักเรียนชมวิดีทัศน์การทดสอบปฏิกิริยาของเบนซีนและไซโคลเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$ จากนั้นร่วมกันอภิปรายการเกิดปฏิกิริยา - ครูกระตุ้นความสนใจโดยถามนักเรียนว่าหากทดสอบการเกิดปฏิกิริยาของเฮกเซนและเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$ นักเรียนคิดว่าจะได้ผลการทดสอบเป็นอย่างไร **ระยะที่ 2 การแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (50 นาที)** - ครูให้นักเรียนกลุ่มเลขคี่สร้างแบบจำลองการการทำปฏิกิริยาของสารประกอบเฮกเซนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$ และนักเรียนกลุ่มเลขคู่สร้างแบบจำลองการการทำปฏิกิริยาของสารประกอบเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนและสารละลาย $KMnO_4$ - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายแบบจำลองที่สร้างขึ้น **ระยะที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง (50 นาที)** - ตรวจสอบข้อมูลเชิงประจักษ์ของแบบจำลองโดยให้นักเรียนทำการทดลองที่ 1 เรื่องสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และร่วมอภิปรายผลการทดลอง - ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				- อภิปรายผลการทดลองอีกครั้งหนึ่งและเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เฮกซีน และเบนซีน **ระยะที่ 4 การประเมินแบบจำลอง (50 นาที)** - ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ - ครูให้นักเรียนสอบถามเพิ่มเติมและทำแบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์
5	สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	4	- การเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของกรดคาร์บอกซิลิกแอลกอฮอล์ เอสเทอร์ - เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิก แอลกอฮอล์ เอสเทอร์	**ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (25 นาที)** - ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาสาธิตการทดสอบปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ด้วยกระดาษลิตมัสและโลหะโซเดียม จากนั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยา - ครูให้นักเรียนชมวิดีทัศน์การทดสอบปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ด้วย $NaHCO_3$ จากนั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยา - ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยถามว่าหากกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ทำปฏิกิริยากัน นักเรียนคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

CU ithesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	ประเด็นการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
				ระยะที่ 2 การแสดงออกแบบจำลองจนนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง (25 นาที) - ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์จากชุดกิจกรรม “ฉันมีกลิ่นเฉพาะตัว” - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น **ระยะที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง (100 นาที)** - ทดแบบจำลองเชิงประจักษ์ โดยทำการทดลองที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ และการทดลองที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาของเอสเทอร์ - ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส - นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองอีกครั้งตามข้อควรปรับปรุงต่าง ๆ - ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปแบบจำลองสมการการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์จากชุดกิจกรรม “ฉันมีกลิ่นเฉพาะตัว” ทุกรูปแบบที่เป็นไปได้ **ระยะที่ 4 การประเมินแบบจำลอง (50 นาที)** - ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองแสดงการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่องปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ภาคผนวก จ

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

2. คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน

3. คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน

4. คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

5. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ 44 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน

รายการประเมิน	ลำดับแผนการเรียนรู้				
	1	2	3	4	5
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1
1.2 แผนจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1	1	1	1	1
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	0.67	1	1	1
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	1	1	1	1	1
3. สาระการเรียนรู้					
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.67	1	1	1	1
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	0.67	1	1	1	1
4. กิจกรรมการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.67	1	1	1	1
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1	1	1	1	1
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1	1	1	1	0.67
4.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง	0.67	1	1	1	1
5. สื่อการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1
6. การวัดและประเมินผล					
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.67	1	1	1	1
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.67	1	1	1	1

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

รายการประเมิน	ลำดับแผนการเรียนรู้				
	1	2	3	4	5
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.67	1	1	1	1

2. คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 45 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน รายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
1	0.32	0.28	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
2.1	0.46	0.46	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
2.2	0.33	0.32	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี
3.1	0.35	0.38	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี
3.2	0.51	0.36	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดี
3.3	0.50	0.46	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
4	0.62	0.26	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
5.1	0.42	0.23	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้พอใช้
5.2	0.48	0.50	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
5.3	0.35	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี
5.4	0.39	0.35	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี
5.5	0.37	0.47	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดีมาก

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 46 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน รายข้อ

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
1	1.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้		
	1.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	1.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	1.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
2	2.1 ประเมินการสร้างแบบจำลอง		
	2.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	2.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
	2.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง		
	2.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	2.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
3	3.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง		
	3.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
	3.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง		
	3.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	3.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	3.3 ประเมินจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง		
	3.3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	3.3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
4	4.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้		
	4.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	4.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	4.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
5	5.1 ประเมินการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง		
	5.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	5.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	5.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 1)		
	5.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	5.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.3 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 2)		
	5.3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	5.3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.4 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 3)		
	5.4.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	5.4.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.4.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.5 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 4)		
	5.5.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	5.5.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.5.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 47 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับก่อนเรียน

ข้อที่	หัวข้อ	RAI	ความหมาย
1	1.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้	0.96	มีความสอดคล้องกัน
2	2.1 ประเมินการสร้างแบบจำลอง	0.88	มีความสอดคล้องกัน
	2.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 1)	0.96	มีความสอดคล้องกัน
3	3.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	3.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 2)	0.98	มีความสอดคล้องกัน
	3.3 ประเมินจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	0.88	มีความสอดคล้องกัน
4	4.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้	0.96	มีความสอดคล้องกัน
5	5.1 ประเมินการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	5.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 3)	0.94	มีความสอดคล้องกัน
	5.3 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 4)	0.90	มีความสอดคล้องกัน
	5.4 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 5)	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	5.5 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 6)	0.90	มีความสอดคล้องกัน

3. คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน

ตารางที่ 48 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน รายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
1	0.31	0.31	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี
2.1	0.48	0.35	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดี
2.2	0.42	0.45	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
2.3	0.44	0.63	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
2.4	0.44	0.51	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
2.5	0.37	0.46	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดีมาก
3.1	0.55	0.28	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้พอใช้
3.2	0.35	0.38	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดี

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
3.3	0.56	0.42	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
4	0.42	0.23	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้พอใช้
5.1	0.49	0.26	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้พอใช้
5.2	0.42	0.40	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก

ตารางที่ 49 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน รายข้อ

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
1	1.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้		
	1.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	1.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	1.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	1.1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	0.67	สอดคล้อง
2	2.1 ประเมินการสร้างแบบจำลอง		
	2.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	2.1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	0.67	สอดคล้อง
	2.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 1)		
	2.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	2.2.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	2.3 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 2)		
	2.3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	2.3.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	2.4 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 3)		
	2.4.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.4.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.4.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	2.4.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	2.5 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 4)		
	2.5.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.5.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.5.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	2.5.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
3	3.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง		
	3.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	3.1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	3.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง		
	3.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	3.2.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	3.3 ประเมินจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง		
	3.3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	3.3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	3.3.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
4	4.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง		
	4.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	4.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	4.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	*0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	4.1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	0.67	สอดคล้อง
5	5.1 ประเมินการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง		
	5.1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	5.1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง
	5.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง		
	5.2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	5.2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	5.2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
	5.2.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบฉบับก่อนเรียนได้	1	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 50 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองฉบับหลังเรียน

ข้อที่	หัวข้อ	RAI	ความหมาย
1	1.1 ประเมินการนำแบบจำลองไปใช้	0.96	มีความสอดคล้องกัน
2	2.1 ประเมินการสร้างแบบจำลอง	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	2.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 1)	0.88	มีความสอดคล้องกัน
	2.3 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 2)	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	2.4 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 3)	0.96	มีความสอดคล้องกัน
	2.5 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 4)	0.92	มีความสอดคล้องกัน
3	3.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง	0.92	มีความสอดคล้องกัน
	3.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 5)	0.88	มีความสอดคล้องกัน
	3.3 ประเมินจุดประสงค์หรือประโยชน์ของแบบจำลอง	0.96	มีความสอดคล้องกัน
4	4.1 ประเมินการเปรียบเทียบแบบจำลอง	0.83	มีความสอดคล้องกัน
5	5.1 ประเมินการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง	0.96	มีความสอดคล้องกัน
	5.2 ประเมินธรรมชาติของแบบจำลอง (ข้อที่ 6)	0.92	มีความสอดคล้องกัน

4. คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ตารางที่ 51 แสดงค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
1	0.71	0.42	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
2	0.75	0.33	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดี
3	0.83	0.33	ง่ายมาก	จำแนกได้ดี
4	0.75	0.50	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
5	0.63	0.42	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
6	0.63	-0.25	ค่อนข้างง่าย	*จำแนกได้ไม่ดี
7	0.71	0.25	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
8	0.50	0.33	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดี
9	0.79	0.42	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
10	0.88	0.25	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
11	0.67	0.33	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดี
12	0.71	0.25	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
13	0.63	0.58	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
14	0.79	0.25	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
15	0.50	0.67	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
16	0.71	0.42	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
17	0.71	0.58	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
18	0.58	0.83	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
19	0.88	0.25	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
20	0.71	0.25	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
21	0.75	0.50	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
22	0.46	0.42	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
23	0.75	0.50	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
24	0.54	0.58	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
25	0.83	0.33	ง่ายมาก	จำแนกได้ดี
26	0.42	0.33	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดี
27	0.88	0.25	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
28	0.29	0.25	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้พอใช้
29	0.63	0.58	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
30	0.79	0.25	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ตารางที่ 52 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี รายข้อ

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
1	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
2	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
3	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
4	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	4.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	4.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	4.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
5	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	5.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	5.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	5.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
6	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	6.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	6.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	6.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
7	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	7.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	7.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	7.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
8	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	8.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	8.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	8.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
9	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	9.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	9.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	9.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
10	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	10.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	10.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	10.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
11	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	11.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	11.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	11.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
12	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	12.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	12.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	12.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
13	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	13.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	13.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	13.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
14	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	14.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	14.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	14.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
15	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	15.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	15.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	15.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
16	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	16.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	16.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	16.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
17	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	17.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	17.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	17.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
18	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	18.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	18.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	18.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
19	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	19.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	19.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	19.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
20	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	20.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	20.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	20.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
21	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความรู้		
	21.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	21.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	21.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
22	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	22.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	22.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	22.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
23	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านความเข้าใจ		
	23.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	23.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	23.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
24	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	24.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	24.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	24.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
25	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	25.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	25.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	25.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
26	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	26.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	26.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	26.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
27	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	27.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	27.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	27.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
28	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	28.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	28.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.33	*ปรับแก้ไขแล้ว
	28.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
29	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	29.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	29.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	29.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
30	พฤติกรรมการเรียนรู้: ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
	30.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	30.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	30.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

5. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

5.1 ความตรงเชิงเนื้อหา

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

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5.2 ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI)

$$\text{RAI} = 1 - \frac{\sum_{K=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}|R_{1nk} - R_{2nk}|}{KN(I-1)}$$

R_{mnk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{1nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{2nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

K หมายถึง พฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

I หมายถึง จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้

5.3 ค่าความยาก (p)

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

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_T หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

5.4 ค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{S_H - S_L}{N_H(X_{max} - X_{min})}$$

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

5.5 ค่าความเที่ยง (Cronbach's alpha)

$$= \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum_{K=1}^{K} S_i^2}{S_t^2}\right]$$

K หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมด

S_i หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสอบรายข้อของผู้สอบทั้งหมด

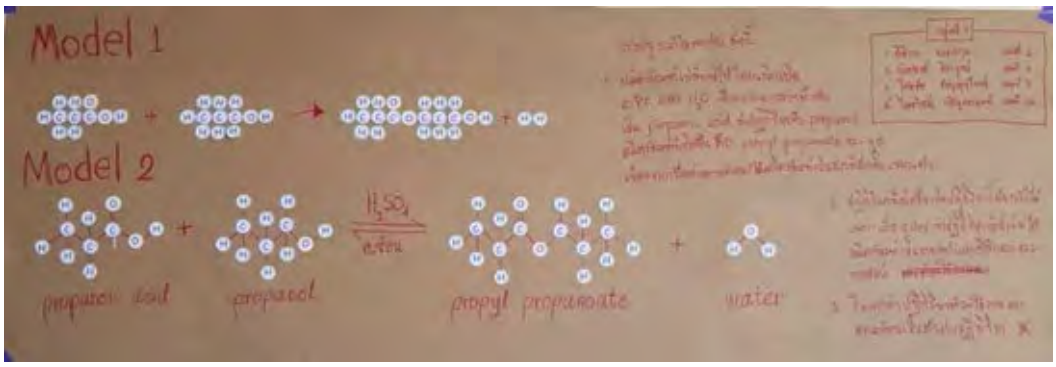
S_t หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมของผู้สอบทั้งหมด

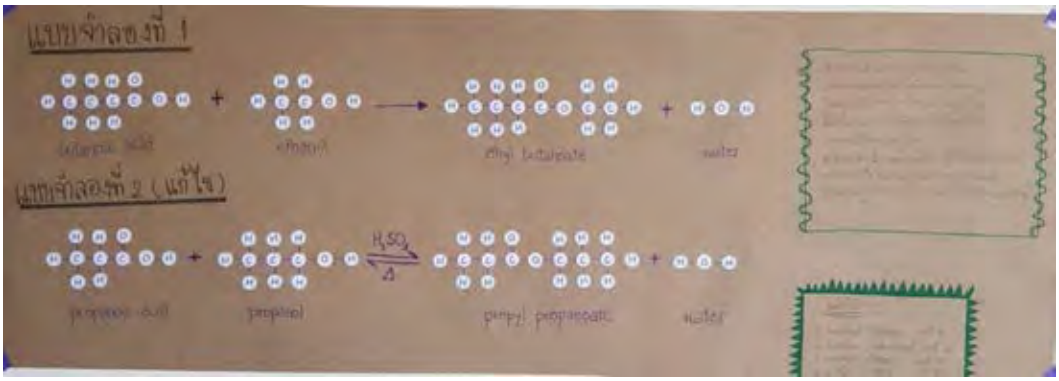
1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97

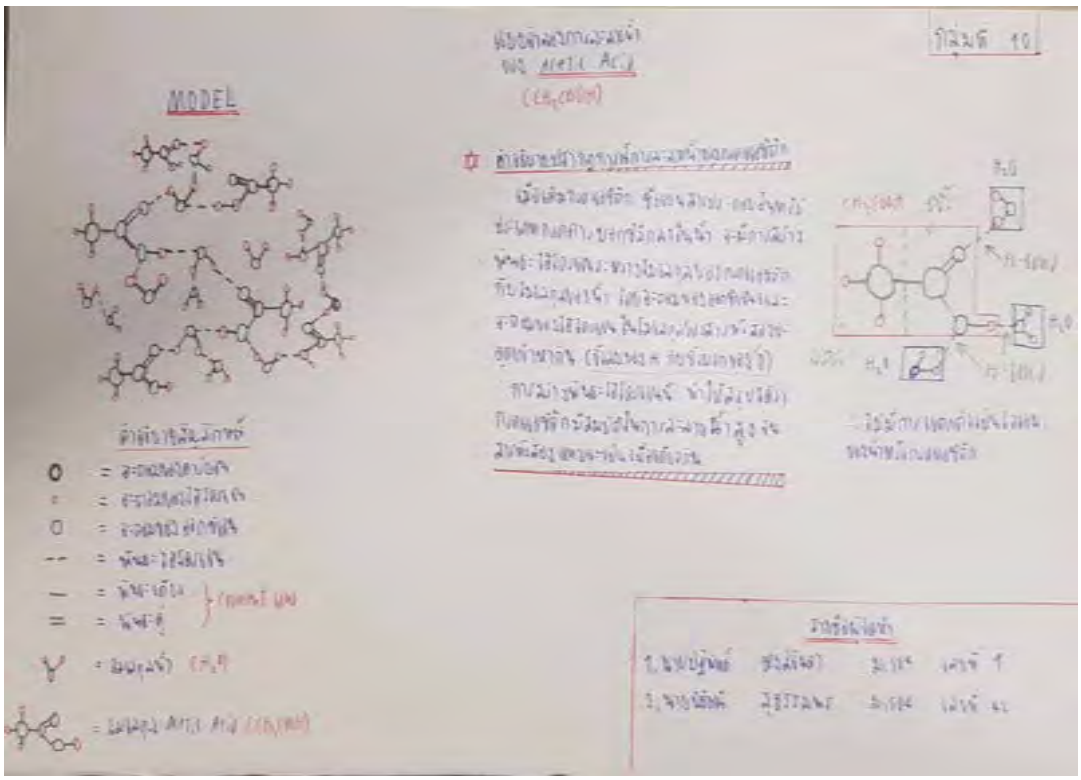
ภาคผนวก ฉ

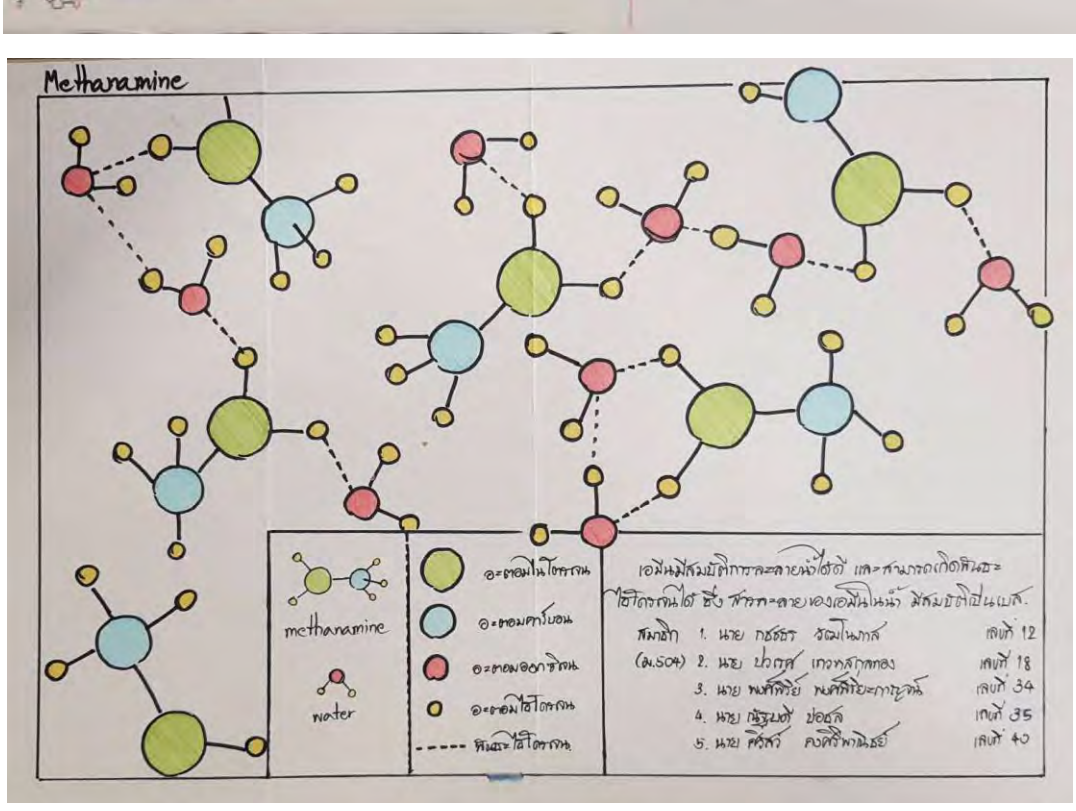
ตัวอย่างภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน





CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319





CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97
1553251319

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วรกมล ปล้องมาก
วัน เดือน ปี เกิด	2 มิถุนายน 2536
สถานที่เกิด	สิงห์บุรี
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	145 หมู่ 5 ต.บางขุด อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท 17140

1553251319 CU iThesis 5983406027 thesis / recv: 05082562 16:45:24 / seq: 97