ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาววิยฉัตร พูนพิพัฒน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 University Graduate School.

EFFECTS OF INSTRUCTION BASED ON CONSTRUCTIVIST APPROACH WITH MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS ON CONCEPTS OF MATTERS AND PROPERTIES AND ANALYZING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Wiyachat Poonpipat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาววิยฉัตร พูนพิพัฒน์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิยฉัตร พูนพิพัฒน์ : ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (EFFECTS OF INSTRUCTION BASED ON CONSTRUCTIVIST APPROACH WITH MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS ON CONCEPTS OF MATTERS AND PROPERTIES AND ANALYZING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อลิศรา ชูชาติ, 126 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษามโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (2) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป (3) เปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และ(4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 46 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 44 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร และแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 และ 0.83 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ร้อยละ 75.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5383401327 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: CONSTRUCTIVIST APPROACH / MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS / CONCEPTS OF MATTERS AND PROPERTIES / ANALYZING ABILITY

WIYACHAT POONPIPAT: EFFECTS OF INSTRUCTION BASED ON CONSTRUCTIVIST APPROACH WITH MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS ON CONCEPTS OF MATTERS AND PROPERTIES AND ANALYZING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 126 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were (1) to study the concepts of matters and properties of students who learned through the instruction based on constructivist approach with multiple scientific representations, (2) to compare the concepts of matters and properties of students between an experimental group that learned through the instruction based on constructivist approach with multiple scientific representations and a control group that learned through a conventional teaching method, (3) to compare the analyzing ability of students between before and after learning through the instruction based on constructivist approach with multiple scientific representations, and(4) to compare the analyzing ability of students between an experimental group and a control group. The samples were two classes of Mathayom Suksa 1 students at the extra large co-educational secondary school in Chachoengsao province. The samples were divided into two groups of 46 and 44 students for experimental and control groups, respectively. The data were collected before and after the experiment. The research instruments were test on concepts about matters and properties and analyzing ability with reliability at 0.83 and 0.72 respectively. The collected data were analyzed by arithmetic mean, means of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group had mean scores of concepts of matters and properties of matters at 75.08 percent which was higher than criterion score set.

2. The experimental group had mean scores of concepts of matters and properties of matters higher than the control group at a 0.05 level of significance.

3. The experimental group had mean scores of analyzing ability higher than before learning at 0.05 level of significance.

4. The experimental group had mean scores of analyzing ability higher than the control group at a 0.05 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....

Field of Study: Science Education Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้คำปรึกษา การอบรมสั่งสอน และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบอาชีพครู ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณะครู โรงเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือระหว่างการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ และรุ่นน้อง สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือกับผู้วิจัยมาโดยตลอด

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 6

ข้อตกลงเบื้องต้น 7

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

1. การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ 11

1.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 11

1.2 แนวทางการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ 12

2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย 14

2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด 14

2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์. 17

2.3 ความสำคัญการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน 23

2.4 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน.. 26

2.5 แนวทางการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน 26

3. ความสามารถในการวิเคราะห์ 37

3.1 ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดเกี่ยวกับการคิด 37

3.2 ความหมายของการวิเคราะห์ 38

3.3 องค์ประกอบของการวิเคราะห์ 39

3.4 แนวทางการวัดความสามารถในการวิเคราะห์ 41

หน้า

4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 43
4.1 ความหมายของมโนทัศน์ 43
4.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 43
4.3 องค์ประกอบของมโนทัศน์ 44
4.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์ 47
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย 52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 54
1. รูปแบบการวิจัย 54
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 55
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 57
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 64
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 65
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 66
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร 66
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 70
สรุปผลการวิจัย 70
อภิปรายผล 71
ข้อเสนอแนะ 75
รายการอ้างอิง 77
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 84
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 86
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 97
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 117
ภาคผนวก จ ค่าสถิติทดสอบเอฟของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 122
ภาคผนวก ฉ ภาพผลงานนักเรียน 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของประเภท มิติ และระดับ ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ Gilbert (2008: 7)..... 22
ตารางที่ 2 ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (ปรับจากแนวคิดของ Tasker and Dalton, 2006)..... 33
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน..... 56
ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์และพฤติกรรมบ่งชี้..... 58
ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์สาระและมโนทัศน์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร..... 60
ตารางที่ 6 จำนวนคาบและสาระตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้..... 62
ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย ($\boldsymbol{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\boldsymbol{x}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสารของกลุ่มทดลอง (n = 46) และกลุ่มควบคุม (n = 44)..... 66
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 46) และกลุ่มควบคุม (n = 44)..... 67
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 46)..... 68
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 46) กับกลุ่มควบคุม (n = 44)..... 69
ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์ที่ต้องการวัดกับข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์..... 118
ตารางที่ 12 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์..... 119
ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างมโนทัศน์ที่ต้องการวัดกับข้อคำถามของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร..... 120
ตารางที่ 14 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบวัด มโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร..... 121

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน 123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ภาพความต่อเนื่องด้านนามธรรมของตัวแทนทางความคิดทางวิทยาศาสตร์ 17
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 53
ภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design..... 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกปัจจุบันเป็นโลกแห่งวัตถุ สิ่งต่างๆ มีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และความรอบรู้เป็นสิ่งสำคัญกับทุกคน (Barke, Hazari, & Yitbarek, 2009, p. 1) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์มีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ การค้นคว้าหาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและใช้ประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ด้วยเหตุนี้ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, p. 92)

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบในระดับนานาชาติ แสดงให้เห็นถึงความต้องการพัฒนาอย่างเร่งด่วนของการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กล่าวคือ 1) ผลการประเมินในโครงการ TIMSS (The Trends in International Mathematics and Science Study) ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินการโดยสมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement หรือ IEA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรที่กำลังศึกษาอยู่ในสถานศึกษา พบว่า จากการประเมินนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2554 ภาพรวมทั้งประเทศของไทยมีคะแนนเฉลี่ย 471 และ 451 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับนานาชาติ ซึ่งมีค่า 500 คะแนน และ 2) ผลการประเมินในโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ซึ่งเป็นโครงการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพการศึกษาด้านการเตรียมความพร้อมของระบบการศึกษาแต่ละประเทศ ซึ่งจะประเมินสมรรถนะ 3 ด้าน คือ การรู้หนังสือในเรื่องความสามารถในการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดยในปี พ.ศ. 2549 พ.ศ. 2552 และพ.ศ. 2555 ผลการประเมินการรู้หนังสือในเรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย คือ 421, 425 และ 444 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับนานาชาติ ซึ่งมีค่า 500 คะแนน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554, pp. 2-11; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, p. 18)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ซึ่งทดสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้ พบว่า ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2554 ถึง 2556 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.19, 35.37 และ 37.95 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยร้อยละไม่ถึง 50 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 (ฉะเชิงเทรา-สมุทรปราการ) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พบว่าปีการศึกษา 2554 ถึง 2556 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.28, 35.40 และ 38.04 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2557, p. ออนไลน์)

จากผลการทดสอบทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติแสดงให้เห็นถึงความต้องการในการพัฒนาความคิดและความรู้ของนักเรียน และจากผลการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษารอบแรกและรอบสอง พบว่าสัดส่วนสถานศึกษาขั้นพื้นฐานที่ได้รับการประเมินคุณภาพภายนอกระดับดี ในมาตรฐานด้านผู้เรียนเกี่ยวกับความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์ และมีวิจารณญาณ มีเพียงร้อยละ 12 เท่านั้น (เลขาธิการสภาการศึกษา, 2552)

การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์มีความซับซ้อน (Bransford, Brown, & Cocking, 2000, p. 8) เนื่องจากปรากฏการณ์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่านั้นยากที่จะทำความเข้าใจ ดังที่นักวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้จำแนกระดับของตัวแทนความคิดซึ่งถูกใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ 1) ตัวแทนความคิดในระดับมหภาคหรือตัวแทนความคิดที่สามารถสังเกตได้ง่าย (macroscopic representations) เช่น การอธิบายถึงลักษณะปรากฏ (Phenotype) ของสิ่งมีชีวิต คุณสมบัติที่จับต้องได้ ปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้ในประสบการณ์ประจำวัน อีกทั้งการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของสสาร 2) ตัวแทนความคิดในระดับเล็กกว่าจุลภาคหรือตัวแทนความคิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Submicroscopic representations) เช่น การอธิบายลักษณะทางพันธุกรรม (Genotype) การอธิบายสสารที่ระดับอนุภาค และ 3) ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representations) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้อักษร สัญลักษณ์ สูตร สมการ (Treagust, 2008, p. 7) นักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น เครื่องหมาย สัญลักษณ์ เพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แต่สำหรับนักเรียนลักษณะของตัวแทนความคิดที่หลากหลายอาจขัดขวางความสามารถในการทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นได้ (Kozma, 2003, p. 206)

อีกทั้งนักเรียนเข้าสู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยมุมมองและประสบการณ์ที่หลากหลาย เนื่องจากนักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน แต่บางครั้งความรู้เหล่านั้นมีข้อจำกัดทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ (Bransford & Donovan, 2005, p. 399) ซึ่งความรู้ที่เกิดจากสร้างของนักเรียนเองอาจไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ตามหลักวิทยาศาสตร์ดังกล่าว เรียกว่ามโนทัศน์ทางเลือก (Alternative Conception) ซึ่งอาจเกิดจากการ

สังเกตธรรมชาติของนักเรียนในชีวิตประจำวัน หนังสือที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือมีรูปภาพที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ ภาษาที่นักเรียนใช้สื่อสารอาจนำไปเปรียบเทียบกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ หรือครูผู้สอนที่มีมโนทัศน์ทางเลือกในสิ่งที่ตนเองสอนนักเรียน เป็นต้น (Barke, Hazari and Yitbarek, 2009: 21-33) มโนทัศน์ทางเลือกนี้มีผลต่อการแปลความหมายประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนของนักเรียน ซึ่งจากงานวิจัยของ Wandersee, Mintzes, and Novak (1994, p. 181) ได้สรุปจากงานวิจัยเรื่องมโนทัศน์ทางเลือกจำนวน 400 การศึกษา พบว่านักเรียนได้นำมโนทัศน์ทางเลือกมาสู่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระบบ และความรู้เดิมของนักเรียนและความรู้ที่นำเสนอในการเรียนการสอนในระบบนั้นแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนในประเทศไทยซึ่งระบุว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกในเรื่องต่างๆ (จรรยา ดาสา, สุดจิต สงวนเรือง, สุนันท์ สังข์อ่อง, & นฤมล ยุตาคม, 2549; ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, & วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2549; ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง & นฤมล ยุตาคม, 2548) ซึ่งมโนทัศน์ทางเลือกดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการเข้าใจของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับสูงต่อไป

ดังนั้นเพื่อให้เป็นผู้มีความสามารถในวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้สำหรับใช้และแปลความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ นักเรียนต้องเข้าใจความสำคัญระหว่างมโนทัศน์หลักทางวิทยาศาสตร์และการใช้มโนทัศน์หลักเพื่อสร้างและวิจารณ์การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Michaels, Shouse, & Schweingryber, 2008, p. 19) ซึ่งการให้ความสำคัญในความเข้าใจนำไปสู่การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งกล่าวถึงมนุษย์ผู้มีความกระตือรือร้นในการเสาะหาความรู้ และเข้าสู่การศึกษาในระบบด้วยความรู้เดิม ทักษะ ความเชื่อและมโนทัศน์ซึ่งมีอิทธิพลสำคัญต่อการสังเกตสิ่งแวดล้อม ตลอดจนจัดการและแปลความหมายสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการจำ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการได้รับความรู้ใหม่ (Bransford et al., 2000, p. 10)

การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา โดยจัดสภาพให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม แล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ & พเยาว์ ยินดีสุข, 2548, p. 47) ซึ่งการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์นี้ จะส่งผลให้นักเรียนสามารถปรับมโนทัศน์ทางเลือกมาสู่มโนทัศน์ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Jia, 2010, p. 198) ดังผลการวิจัยของ Uzuntiryaki (2003) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนเกรด 9 ผลการวิจัยสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป และผลการวิจัยของ Akkus, Kadayifc, Atasoy, and Geban (2010) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนเกรด 10 ผลการวิจัยสรุปว่า ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนเกรด 10

ผลการวิจัยสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

แนวทางสำคัญในการทำความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง คือ การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งตัวแทนความคิดในวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการสร้างสิ่งที่อ้างอิงเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ ซึ่งความสามารถในการสร้างและการแปลความหมายข้อความทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญในการแสดงความสามารถในการรู้วิทยาศาสตร์ นักวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าความสามารถในการรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีผลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความรอบรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการรู้วิทยาศาสตร์นี้ได้รวมถึงสิ่งที่เป็นปฏิบัติการทางภาษาของวาทกรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย ภาษาพูด ภาษาซึ่งมองเห็นได้ ภาษาทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนความเข้าใจในเป้าหมายและความสามารถในการนำเสนอและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติ และกระบวนการ รวมถึงการใช้ ตาราง กราฟ แผนภาพ และการเขียนข้อความซึ่งจำเป็นต่อการนำเสนอกระบวนการและการยืนยันทางวิทยาศาสตร์ (Tytler & Prain, 2010) โดยความรอบรู้วิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการบูรณาการตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพ ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และ การรายงานการอ้างอิงและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hand, Yore, Jagger, & Prain, 2010, p. 49)

อีกทั้งแนวคิดหนึ่งในการใช้ตัวแทนความคิดในการส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ Ainsworth (1999) ได้กล่าวถึงหน้าที่หลัก 3 ประการ ในการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และความเข้าใจ ดังนี้ 1) การเติมเต็ม (Complement) กล่าวคือ ตัวแทนความคิดที่หลากหลายทำให้นักเรียนมีโอกาสสร้างองค์ความรู้เดียวกันจากมุมมองที่หลากหลาย ดังนั้นตัวแทนทางความคิดหนึ่งที่ไม่สามารถเข้าใจได้สามารถแทนที่ได้โดยอีกตัวแทนหนึ่ง 2) การผลักดัน (Constrain) หนึ่งในตัวแทนของการนำเสนอหลายรูปแบบอาจจะง่ายในการแปรความของสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งยากในการนำเสนอ ดังนั้นความยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนในตัวแทนความคิดที่ไม่คุ้นเคย จะถูกผลักดันโดยตัวแทนทางความคิดที่นักเรียนคุ้นเคย 3) การสร้าง (Construct) การใช้ตัวแทนความคิดหลายรูปแบบจะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง (Deep understanding) ในเนื้อหา ถ้านักเรียนถูกสอนให้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่ใช้ และมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมจะกลายเป็นรูปธรรมที่มีความหมายสำหรับนักเรียน

ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์หลักทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถในการวิเคราะห์นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หาระบบและการแสดงสัญลักษณ์ในการนำเสนอทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็น และสิ่งซึ่งเป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ อีกทั้งการใช้ตัวแทนความคิดในการจัดการเรียนรู้สามารถมีได้หลายรูปแบบและหลายหน้าที่ การจับคู่ที่ดีระหว่างชนิดของตัวแทนความคิดและความต้องการในการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ และช่วยให้ความสามารถในการปฏิบัติและความเข้าใจนั้นเพิ่มมาก

ขึ้น ซึ่งหลายปีที่ผ่านมามีหลายงานวิจัยที่พยายามศึกษาผลของตัวแทนความคิดที่มีต่อการเรียนรู้ ซึ่งผลการศึกษาแสดงอย่างชัดเจนว่าต้องมีเงื่อนไขเพื่อให้ตัวแทนความคิดที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ (Ainsworth, 2006)

จากปัญหาเรื่องมโนทัศน์ทางเลือกและความสามารถในการวิเคราะห์ และแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์และการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงสนใจการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนามโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ดีของนักเรียนต่อไป

คำถามการวิจัย

การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีผลต่อมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

จากผลการวิจัยของ Tsui and Treagust (2004) ได้สำรวจการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียนระดับเกรด 10 และ 12 เมื่อเรียนรู้ด้วยการสอนโดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้ ผลการวิจัยระบุว่า สามารถสนับสนุนกระบวนการทางปัญญา และการแก้ปัญหา เนื่องจากตัวแทนทางความคิดทำมโนทัศน์ที่ยากให้เข้าใจง่าย และสามารถเปลี่ยนมโนทัศน์นักเรียนผู้เข้ารับการทดลองได้และมีมโนทัศน์ที่คงทน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Adadan, Irving, and Trundle (2009) ซึ่งได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนด้วยความหลากหลายของตัวแทน

ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารของนักเรียนระดับระดับมัธยมปลายพบว่าการสอนดังกล่าวสามารถยกระดับมโนทัศน์เรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารได้

นอกจากนี้ Prain, Tytler, and Peterson (2009) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้ซึ่งใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น แผนภาพ การรายงานด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดภาพอธิบาย ในเรื่อง การระเหย ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยการสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่าหลังการเรียนรู้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์ดังกล่าวได้และครูสามารถเข้าใจความคิดของนักเรียนได้ และ Adadan, Irving, and Trundle (2010) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ เรื่อง ธรรมชาติของอนุภาคของสสาร ของนักเรียนระดับเกรด 11 โดยการเรียนการสอนโดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษานักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนโดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์และมีความคงทนในการเรียนรู้ จากงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานของการวิจัยดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์สูงกว่ากับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่ากับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนในจังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 (ฉะเชิงเทรา-สมุทรปราการ) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 2 รูปแบบ

2.1.1 การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

2.1.2 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการวิเคราะห์

2.2.2 มโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ข้อตกลงเบื้องต้น

ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ คือ การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และ การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ไม่มีผลต่อมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่สามารถสังเกตได้ง่ายและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เพื่ออธิบาย ทำนายการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ ในการจัดการเรียนการสอนใช้ 7 ประเภท ดังนี้

1) ภาพถ่าย (Photographs) เป็นตัวแทนความคิดที่มีความใกล้เคียงความเป็นจริง แต่ไม่เหมือนกับตัวแทนความคิดในรูปแบบโลกแห่งประสบการณ์

2) ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete representations) คือ รูปแบบตัวแทนความคิด 3 มิติเชิงโครงสร้าง เช่น โครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (ball-and-stick) ตัวแทนความคิดแบบเติมเต็มปริภูมิ (space filling)

3) ตัวแทนความคิดเสมือนจริง (Virtual representations) หรือเสมือน 3 มิติ คือ ตัวแทนความคิดที่ใช้ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ในการผลิต โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้ตัวแทนความคิดเคลื่อนไหวได้คล้ายในธรรมชาติ

4) แผนภาพ (Diagrams) มีหลายรูปแบบ เช่น การ์ตูน แผนภาพเชิงภาพ แผนภาพที่มีคำอธิบายและลูกศรแสดงกระบวนการ และแผนภาพลายเส้นเชิงนามธรรม

5) กราฟ (Graphs) คือ ตัวแทนความคิดที่เป็นแนวทางในการจัดการข้อมูล มีแนวโน้มแสดงข้อมูลทั้งหมด โดยสรุปถึงพฤติกรรมเพื่อศึกษารายละเอียดข้อมูล การสร้างกราฟต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมาก

6) ชุดข้อมูล (Data Arrays) คือ รูปแบบของการแสดงตัวเลข ประกอบไปด้วยตารางและฮิสโตแกรม

7) สัญลักษณ์และสมการ (Symbols and Equations) มีความเป็นนามธรรมมาก มีเอกลักษณ์เฉพาะของตัวแทนความคิดเชิงสัญลักษณ์ในวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจแสดงเป็น สมการแบบกลุ่มคำ สมการโดยใช้สัญลักษณ์ของธาตุ สัญลักษณ์แสดงสถานะ เป็นต้น

2. การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย หมายถึง วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลากหลายประเภท โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งปรับจากแนวคิดของ Tasker and Dalton (2006) 7 ขั้น ดังนี้

1) สังเกตปรากฏการณ์ คือ ขั้นสร้างความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียนจากปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย โดยใช้ตัวแทนความคิดประเภทภาพถ่ายหรือตัวแทนความคิดเสมือนจริง เป็นหลัก

2) อธิบายปรากฏการณ์ด้วยการวาดภาพและบรรยาย คือ ขั้นจินตนาการปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย จากนั้นวาดภาพและบรรยายตัวแทนความคิดแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภท แผนภาพ เป็นหลัก เพื่อแทนปรากฏการณ์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่นักเรียนจินตนาการขึ้น

3) นำเสนอและอภิปรายภายในกลุ่ม คือ ขั้นนำเสนอภาพวาดตัวแทนความคิดแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าจากนั้นให้ข้อมูลย้อนกลับงานระหว่างเพื่อนและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม ในประเด็นความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่ายด้วยภาพวาดตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภท แผนภาพ เพื่อแทนปรากฏการณ์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่นักเรียนจินตนาการขึ้น

4) ศึกษาสถานการณ์จำลอง คือ ขั้นศึกษาสถานการณ์จำลองซึ่งแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยครูนำเสนอ ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภท ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรมหรือตัวแทนความคิดเสมือนจริง เป็นหลัก เพื่อแทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า

5) ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดและสถานการณ์จำลอง คือ ขั้นแลกเปลี่ยนสิ่งที่แตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของมโนทัศน์จากตัวแทนความคิดที่ครูนำเสนอและภาพวาดตัวแทนความคิดจากจินตนาการของตนเองกับเพื่อน จากนั้นอภิปรายในประเด็นเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่แทนด้วยภาพตัวแทนความคิดใด ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และนักเรียนปรับปรุงภาพวาดของตนเอง

6) เชื่อมโยงความรู้ คือ ขั้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่แสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย จากนั้นแสดงด้วยตัวแทนความคิดประเภทกราฟ สัญลักษณ์และสมการ หรือชุดข้อมูล เป็นหลัก

7) ปรับประยุกต์มโนทัศน์ ขั้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกัน

3. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งเน้นการสืบสอบ มี 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน คือ การกระตุ้นความสนใจและทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน

2) ขั้นกิจกรรม คือ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยการจัดกิจกรรมที่หลากหลายให้แก่นักเรียน

3) ขั้นสรุป คือ การสรุปมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน

4. มโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดหลักเรื่อง สารและสมบัติของสาร ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. ความสามารถในการวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย เพื่อหาองค์ประกอบ ความสัมพันธ์หรือหลักการเชื่อมโยงข้อมูลย่อย ซึ่งประกอบด้วย 3 ประเภท คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3) การวิเคราะห์หลักการ วัดได้จากแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนในจังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 (ฉะเชิงเทรา-สมุทรปราการ) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษา ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์
   1.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์
   1.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์
2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
   2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด
   2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
   2.3 ความสำคัญของการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน
   2.4 ทฤษฎีที่สนับสนุนการการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน
   2.5 แนวทางการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน
   2.6 การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
3. ความสามารถในการวิเคราะห์
   3.1 ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดเกี่ยวกับการคิด
   3.2 ความหมายของการคิดวิเคราะห์
   3.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์
   3.4 แนวทางการวัดความสามารถในการวิเคราะห์
4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   4.1 ความหมายของมโนทัศน์
   4.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   4.3 องค์ประกอบของมโนทัศน์
   4.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์

1.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของผู้เรียนในการสร้างความรู้ โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง (Woolfolk, 2004, p. 323) โดยนักคอนสตรัคติวิสต์มีความเชื่อว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เป็นทฤษฎีที่มีข้อสันนิษฐานว่า ความรู้ไม่สามารถแยกจากความอยากรู้ ความรู้ได้มาจากการสร้างเพื่ออธิบาย (Martin et al, 1994 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 15) การสร้างความรู้ของนักเรียนนั้นจะผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้น (Unequilibrium) ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ ผู้เรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่สามารถแก้หรืออธิบายได้ด้วยโครงสร้างทางปัญญาเดิมที่มีอยู่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) จากนั้นแรงจูงใจจะช่วยทำให้ผู้เรียนพยายามคิดและค้นหา จนสามารถนำไปสู่โครงสร้างใหม่ทางปัญญา (Cognitive restructure) ที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหา หรือกำจัดความขัดแย้งทางปัญญาได้ ความรู้ใหม่ที่สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่ใช่ผู้ที่สร้างให้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 16)

แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development) ของเพียเจต์ (Piaget) ที่อธิบายว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมามีความพร้อมที่จะปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมแล้วโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เป็นผู้พร้อมที่จะมีกริยากรรม หรือเริ่มกระทำก่อน (Action) นอกจากนี้ Piaget ถือว่ามนุษย์เรามีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ชนิดคือ การจัดและรวบรวม (Organization) และการปรับตัว (Adaptation) (ชนาธิป พรกุล, 2554, p. 76; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, p. 48) ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

การจัดและรวบรวม (Organization) หมายถึง การจัดและรวบรวมกระบวนการต่างๆ ภายในเข้าเป็นระบบอย่างต่อเนื่องกัน เป็นระเบียบ และมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

การปรับตัว (Adaptation) หมายถึง การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออยู่ในสภาพสมดุล การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 ประการ คือ

1) การซึมซับประสบการณ์ (Assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลใหม่ หรือความรู้ใหม่เข้าไปเก็บรวบรวมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อความรู้ใหม่มีความแตกต่างจากความรู้เดิมไม่มากนัก หรือไม่ยากที่จะเข้าใจ

2) การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Accommodation) เป็นการปรับ หรือเปลี่ยนแปลงความเข้าใจที่เคยมีอยู่แล้วให้เข้ากับข้อมูลใหม่ นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึม เนื่องจากข้อมูลใหม่ไม่มีความใกล้เคียงหรือสัมพันธ์กับความรู้เดิม จำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจึงจัดเก็บในโครงสร้างทางปัญญา

1.2 แนวทางการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน นักการศึกษาได้นำเสนอแนวทางการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

ศรินธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี, and พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, p. 33) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ว่าจะเกิดขึ้นได้ตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้ทำหรือเป็นผู้ตื่นตัวที่เกิดขึ้นเฉพาะบุคคล

2) กระบวนการสร้างความรู้เกิดขึ้นได้โดยบุคคลใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้ที่มีอยู่เดิมจากแหล่งต่างๆ รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

3) ความรู้และความเชื่อของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียม ประเพณี และสิ่งที่บุคคลได้พบเห็น ข้อมูลทั้งหลายเป็นพื้นฐานในการสร้างแนวคิดใหม่

4) ความเข้าใจมีความแตกต่างจากความเชื่อ และความเชื่อจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างแนวคิดหรือการเรียนรู้

Cooperstein and Weidinger (2003, p. 142) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1) ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการกระทำ การค้นพบ และการสร้างความรู้ ที่เหมาะสมกับความเชื่อเดิมของนักเรียน

2) การเรียนรู้ใหม่สร้างจากความรู้เดิม ผู้เรียนต้องมีการตั้งคำถาม สำรวจ ยอมรับหรือไม่ยอมรับข้อมูลหรือความเชื่อเพื่อที่จะพัฒนา

3) การเรียนรู้เกิดขึ้นโดยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งนักเรียนจะได้รับโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น

4) การเรียนรู้อย่างมีความหมายจะผ่านภาระงานเชิงประจักษ์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 17) ได้สรุปขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วย

1) ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้เรียนรับรู้ถึงจุดประสงค์การเรียน และเกิดแรงจูงใจในการเรียน

2) ขั้นทบทวนความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกซึ่งความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน ซึ่งผู้เรียนอาจมีความรู้อยู่บ้างแล้วในเรื่องนั้น อาจเข้าใจผิดในบางสิ่งหรือมีคำถามที่สงสัย ในขั้นนี้ผู้สอนจะรู้ว่า ผู้เรียนรู้อะไรแล้วบ้าง สงสัยในเรื่องใดบ้าง และมีเรื่องใดที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้เพิ่มเติม

3) ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด เป็นขั้นตอนสำคัญของการสร้างความรู้ใหม่ ประกอบด้วย

3.1) ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิดจากข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่างๆ ด้วยวิธีการต่างๆ ในการเก็บข้อมูล เช่น ทดลอง สอบถาม สัมภาษณ์ สังเกต เป็นต้น

3.2) สร้างความรู้ใหม่ด้วยการใช้กระบวนการเป็นกระบวนการทางปัญญาและกระบวนการทางสังคม นำความรู้ที่ได้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม

3.3) ประเมินความรู้ใหม่

3.4) นำเสนอความรู้ที่สร้างขึ้น

4) ขั้นทำแบบฝึก เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนจำได้ เข้าใจอย่างชัดเจน เพื่อสามารถจำได้ถาวร

5) ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นนำความรู้ที่สร้างรวมทั้งกระบวนการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ในชั้นเรียน ในโรงเรียน และในชีวิตประจำวันทั่วไป

Jia (2010: 198-199) ได้สรุปหลักการประยุกต์ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สู่การเรียนการสอนในห้องเรียนไว้ดังนี้

1) ควรเปลี่ยนการเรียนการสอน จากการเรียนการสอนแบบเดิมที่ผู้สอนเป็นผู้บรรยาย เป็นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยกระบวนการ โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ จะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2) เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ การสื่อสาร ในกระบวนการสร้างความรู้ ผู้เรียนต้องร่วมมือและสื่อสารระหว่างกัน จะทำให้ผู้เรียนได้ขยายมุมมอง และสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3) ผู้สอนควรให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เนื่องจากผู้เรียนเริ่มต้นเรียนรู้โดยมีความรู้และประสบการณ์เดิมมาก่อน

4) การเรียนการสอนควรเปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนจาก ผู้สอนที่เป็นผู้สั่งการเป็นผู้สอนที่ให้อิสระแก่ผู้เรียนในการคิดและการสื่อสาร

5) สร้างสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ดี ที่ช่วยให้ผู้เรียนสำรวจและค้นหาความรู้ใหม่ได้ เช่น การศึกษาจากสถานการณ์จริง สถานการณ์เสมือนจริง หรือสิ่งแวดล้อม

2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

การศึกษาการเรียนการสอนโดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ (1) ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด (2) ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (3) ความสำคัญของการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน (4) ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (5) แนวทางการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน (6) การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเสนอรายละเอียดตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด

2.1.1 ความหมายของตัวแทนความคิด

ตัวแทนความคิดเป็นคำที่แปลมาจากคำว่า Representation ในภาษาอังกฤษ ซึ่งนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิดไว้ดังต่อไปนี้

Good (1973, p. 493) ให้ความหมายของตัวแทนความคิดไว้ว่า “ตัวแทนทางความคิด หมายถึง การจำลองบางสิ่ง เช่น การวาด การทำภาพสี การถ่ายภาพ หรือแบบจำลอง มีแนวโน้มคล้ายคลึง หรือมีความเหมือนกับ วัตถุ บุคคล เรื่องราว เป็นต้น”

Palmer (1978, p. 262) ให้ความหมายของตัวแทนความคิดไว้ว่า “ตัวแทนทางความคิด หมายถึง บางสิ่งที่ใช้แทนสิ่งอื่นๆ อีกนัยหนึ่ง คือ ชนิดของแบบจำลอง (model) ของสิ่งหนึ่ง หรือหลายสิ่งที่นำเสนอออกมา ซึ่งอาจบอกเป็นนัยได้ว่า โลกซึ่งถูกแทน (Represented world) กับตัวแทนโลก (Representing world) มีความสัมพันธ์กันแต่มีหน้าที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวแทนโลกทำหน้าที่สะท้อนลักษณะของโลกซึ่งถูกแทน”

ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดว่า “ตัวแทนความคิดเป็นสิ่งที่คนสร้างและใช้เมื่อปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม”

Cuoco and Curcio (2001, p. x) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดว่า “ตัวแทนความคิดนั้นเป็นแผนที่ซึ่งไม่ใช่สิ่งต่างๆ ที่ถูกแทน และไม่ใช่เป้าหมายความเข้าใจในวัตถุที่ดีที่สุด”

Andrade and May (2004: 85) ได้ให้ความหมายตัวแทนทางความคิดไว้ว่า “ตัวแทนทางความคิด คือ สิ่งที่บอกหรือสัญลักษณ์ที่แทนบางสิ่งซึ่งไม่มีตัวตน เช่น ภาพเขียน ภาพถ่าย การเขียนบรรยาย ประติมากรรม แผนภาพ เป็นต้น”

Smith and Kosslyn (2009, p. 151) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดว่า “ตัวแทนความคิดนั้นเป็นสถานะทางกายภาพซึ่งแทนที่วัตถุ เหตุการณ์ หรือมโนทัศน์ ซึ่งตัวแทนความคิดนั้นจะบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ถูกแทนที่”

สรุปได้ว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนสิ่งอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นความรู้ วัตถุ หรือเหตุการณ์ เป็นต้น ซึ่งตัวแทนความคิดนั้นต้องมีข้อมูลคล้ายกับสิ่งที่ถูกแทน โดยตัวแทนความคิดมีหลากหลาย เช่น ภาพถ่าย แผนภาพ เป็นต้น

2.1.2 ประเภทตัวแทนความคิด

จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิด พบว่า มีการจำแนกประเภทของตัวแทนความคิดอย่างหลากหลายโดยใช้เกณฑ์แตกต่างกัน ได้แก่ (1) การประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (2) กระบวนการทางปัญญา (3) การศึกษาในสาขาสัญศาสตร์ (4) การใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (People Process Information)

นักวิจัยด้านพุทธิปัญญา (Cognitive Science) ได้จำแนกตัวแทนความคิดภายนอกโดยใช้พื้นฐานการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (People Process Information) โดยจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวแทนความคิดด้านวัจนภาษา (Verbal Representations) เช่น ภาษาธรรมชาติของมนุษย์ และตัวแทนความคิดด้านอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) เช่น ภาพถ่าย แผนภาพ (Paivio, 1990, pp. 53-83)

2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Processes)

เมื่อพิจารณากระบวนการทางปัญญา ตัวแทนทางความคิดสามารถจำแนกได้เป็น ตัวแทนความคิดภายใน และตัวแทนความคิดภายนอก (Internal and External representation) ตัวแทนความคิดภายนอก เป็นตัวแทนความคิดที่เราใช้สื่อสารกับบุคคลอื่นๆ อย่างง่าย โดยเป็นความรู้และโครงสร้างในสิ่งแวดล้อมที่เป็นสัญลักษณ์ทางกายภาพ อาจเป็นการเขียนสัญลักษณ์บนกระดาษ การวาด การร่างภาพ สมการ ส่วนตัวแทนความคิดภายในเป็นจินตนาการที่เราสร้างขึ้นภายในจิตใจ โดยเป็นความรู้และโครงสร้างในความจำซึ่งเป็นเรื่องราว ผลิตผลโครงสร้างทางปัญญา โครงข่ายประสาท เป็นต้น (Zhang, 1997: 179; Cuoco and Curcio, 2001: x)

Chulalongkorn University

3) การศึกษาในสาขาสัญศาสตร์ (Semiotics)

Peirce (1998 อ้างถึงใน Kolloffel, 2008: 2) ได้เสนอการจำแนกตัวแทนความคิดซึ่งใช้ความคล้ายคลึงระหว่างตัวแทนความคิดกับสิ่งที่ต้องการแทน เช่น ภาพถ่าย ไปจนถึงตัวแทนความคิดที่ไม่มีความคล้ายคลึงกันกับสิ่งที่ต้องการแทนและความสามารถใช้เป็นตัวแทนของวัตถุอื่นได้อย่างหลากหลาย เช่น คำศัพท์ ซึ่งมีลักษณะไม่เหมือนกับสิ่งที่ต้องการแทน และสามารถมีได้หลายความหมายขึ้นกับบริบทที่ใช้ เป็นพื้นฐานในการจำแนก

4) การใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนรู้

ตัวแทนความคิดภายนอกนั้นสามารถจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากการใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนรู้ กล่าวคือจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตัวแทนความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้น (Self-constructed representations) และ ตัวแทนความคิดที่ครูจัดหาให้นักเรียนในการจัดการเรียนรู้ (Provided Representations) ดังนี้

4.1) ตัวแทนความรู้ที่นักเรียนสร้าง

Cox (1999, p. 347) ได้เสนอกระบวนการสร้างตัวแทนความคิดที่ช่วยในการพัฒนาความรู้ของนักเรียน อีกทั้งมุมมองของนัก Constructionist เชื่อว่า การสร้างตัวแทนความคิดคือ ความแตกต่างระหว่างการสร้างและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดภายนอกเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ ซึ่งการสร้างตัวแทนความคิดจะประกอบไปด้วย การทำซ้ำ (Dynamic iterations) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองภายนอก (External Model) และแบบจำลองความคิด (mental Model) นักเรียนจะสร้างข้อมูลในการนำเสนอในรูปแบบเฉพาะของตนเอง ซึ่งตัวอย่างกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน เช่น การเขียนสรุป การวาด การสร้างผังมโนทัศน์ เป็นต้น ซึ่งการสร้างตัวแทนความคิดนั้นมีวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย เช่น ช่วยนักเรียนในการสร้างความรู้ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ที่คงทน และช่วยให้นักเรียนมีสมาธิจดจ่อในการให้เหตุผล (Tabachneck-Schijf, Leonardo, & Simon H. A., 1997)

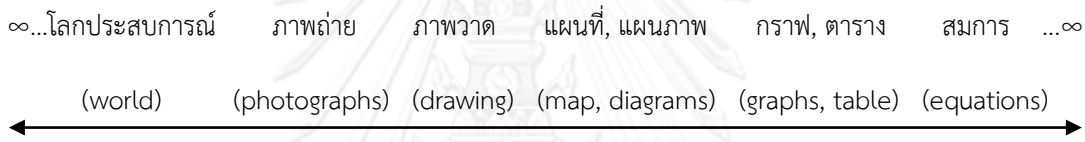
4.2) ตัวแทนความคิดที่จัดหาให้นักเรียนในการจัดการเรียนรู้

การจัดหาตัวแทนความคิดภายนอกให้นักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะเป็นผู้แปลความหมายจากตัวแทนความคิดนั้น วัตถุที่เป็นตัวแทนความคิดนั้นจะมีคุณค่าต่อนักเรียน หากตัวแทนความคิดนั้นเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความรู้ของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวแทนความคิดที่จัดหาให้นักเรียนนั้นไม่เป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย สิ่งนั้นอาจจะขัดขวางการเรียนรู้ของนักเรียน (Wetzels, Kester, and Van Merrienboer, 2010: 360)

2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์.

2.2.1 ความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Kozma, Chin , Russell. J., and Mark (2000) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Representation) ว่า “ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวกลางระหว่างธรรมชาติทางกายภาพซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาสภาพทางเคมีที่รับรู้แต่สังเกตไม่ได้ และนักวิทยาศาสตร์ใช้ตัวแทนทางความคิดในการแทนสิ่งที่มีอยู่และกระบวนการที่มองไม่เห็น โดยใช้ในการอธิบาย ทำนาย การเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ Pozzer and Roth (2003) ได้พัฒนาแผนภาพความต่อเนื่องด้านนามธรรม ซึ่งแสดงหลายตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งใช้ในการแทนปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังภาพที่ 1 ซึ่งทางด้านซ้ายจะแสดงตัวแทนความคิดที่มีรายละเอียดมากแต่มีความเป็นนามธรรมน้อย ต่อเนื่องไปจนถึงด้านขวาซึ่งมีความเป็นนามธรรมน้อยแต่มีรายละเอียดมาก



ภาพที่ 1 ภาพความต่อเนื่องด้านนามธรรมของตัวแทนทางความคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ในบริบททางวิทยาศาสตร์มีการจำแนกของตัวแทนความคิดอย่างหลากหลายโดยใช้เกณฑ์แตกต่างกัน ได้แก่ (1) มิติ (Dimension) (2) ระดับ (Level) (3) ลักษณะ (Mode) (4) ประเภท (Type) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2.1 มิติ (Dimension)

เมื่อพิจารณาการทำตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้มีความหมายด้วยการรับรู้และการจัดการทางสมองของวัตถุในที่ว่าง ซึ่งเป็นระบบหนึ่งที่ถูกแนะนำว่าขึ้นกับจำนวนมิติของตัวแทนความคิดนั้น โดยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าของการย่อโลกประสบการณ์สู่การสร้างเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถจัดจำแนกมิติเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) 1 มิติ (2) 2 มิติ (3) 3 มิติ (Gilbert, 2008: 6-7) ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

1) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 มิติ

วิธีการที่นักเรียนเผชิญกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 3 มิติในลำดับแรก คือ การปฏิบัติการทดลอง อีกทั้งในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ระดับโมเลกุลที่นักเรียนพบในการปฏิบัติการทดลอง บ่อยครั้งที่นักเรียนต้องอธิบายโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 3 มิติ เช่น การแสดงท่าทาง (Gesture) และตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรมหรือวัตถุ (Concrete representations) เช่น โครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (ball-and-stick) ตัวแทนความคิดแบบเติมเต็มปริภูมิ (space filling)

2) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 2 มิติ

ในการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนต้องเผชิญกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 2 มิติ เช่น การตัดขวางของใบไม้หรือคลื่น ซึ่งแหล่งของประสบการณ์จากตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 2 มิติ มักผ่านการใช้ภาพถ่าย (Photographs) ตัวแทนความคิดแบบเสมือนจริง (Virtual representations) แผนภาพ (Diagrams) กราฟ (Graphs) และชุดข้อมูล (Data arrays)

3) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 1 มิติ

ตัวแทนความคิดประเภทนี้ มีความเป็นนามธรรมมากโดยธรรมชาติ ประกอบไปด้วยสัญลักษณ์ การเผชิญกับตัวอย่างประเภทนี้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เช่น สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ สมการเคมี และสมการคณิตศาสตร์

2.2.2.2 ระดับ (Level)

นักวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้จำแนกระดับของตัวแทนความคิดซึ่งถูกใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (1) ระดับมหภาค (2) ระดับโมเลกุล (3) ระดับสัญลักษณ์ (Gilbert & Treagust, 2009, p. 4) ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

1) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค (Macroscopic representations)

เมื่อนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะเข้าใจ หรือจัดการสสารและวัตถุ นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้เริ่มจากการพิจารณาความซับซ้อนในธรรมชาติ แต่ค้นหาจากการสร้างปรากฏการณ์ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวอย่างในอุดมคติ หรือทำให้ง่ายขึ้น สิ่งที่สามารถสังเกตได้ในระดับนี้ประกอบไปด้วยตัวแทนความคิดของ ของแข็ง ของเหลว คอลลอยด์ แก๊ส และแขวนลอย ซึ่งสมบัติเหล่านี้สามารถรับรู้ได้ในการ

ปฏิบัติการทางเคมี และในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถเกิดได้ เช่น สมบัติ คือ มวล ความหนาแน่น ความเข้มข้น pH อุณหภูมิ แรงดัน เป็นต้น

2) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับเล็กกว่าโมเลกุล (Sub-microscopic representations)

นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบการพัฒนาโมเดลเพื่อการอธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ ด้วยลักษณะของวิชาเคมีนั้นมีช่วงกว้างของโมเดลซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เล็กเกินกว่าที่จะมองเห็นได้ในระดับจุลภาค ดังนั้นวิชาเคมีมักสร้างโมเดลจากสิ่งที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น อะตอม ไอออน โมเลกุล เป็นต้น เพื่อให้เข้าใจโลกของวัตถุเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสมบัติ โดยโมเดลจะเกี่ยวข้องกับการกระจายของอิเล็กตรอน รูปร่างวงโคจรของอะตอมและโมเลกุล ซึ่งอาจอธิบายได้โดยตัวแทนความคิดที่มีลักษณะเชิงประจักษ์ เช่น แผนภาพ กราฟ วัตถุซึ่งแทนสิ่งต่างๆ เป็นต้น

3) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representations)

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับนี้เกี่ยวข้องกับการจัดสรรสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอ อะตอม ธาตุ กลุ่มของธาตุ หรือเกี่ยวข้องกับการจัดสรรเครื่องหมายเพื่อเป็นตัวแทนทางประจุไฟฟ้า หรือการจัดสรรเพื่อเขียนระบุจำนวนของอะตอมในอะตอมหรือโมเลกุล หรืออักษรที่จะระบุถึงสถานะทางกายภาพของสิ่งเหล่านั้น เช่น ของแข็ง(s) ของเหลว (l) แก๊ส (g) สารละลาย (aq) เป็นต้น ซึ่งในระดับนี้สามารถใช้แทนได้ทั้งสองระดับ คือ ตัวแทนความคิดในระดับมหภาคหรือปรากฏการณ์ ซึ่งเพื่อเชื่อมต่อกับปฏิกิริยาประมาณมาก และการคิดปริมาณผลิตภัณฑ์ในทางปริมาณสารสัมพันธ์ และกับช่วงกว้างของโมเดลของตัวแทนความคิดในระดับที่สอง เมื่อบรรยายการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงสถานะ การละลายของตัวละลาย และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

2.2.2.3 วิธีการ (Mode)

เมื่อพิจารณาวิธีการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักการศึกษาได้จำแนกประเภทวิธีการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

Boulter and Buckley (2000, p. 120) ได้จำแนกวิธีการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Modes of Representation) เป็น 10 วิธี ดังนี้

(1) รูปธรรม (Concrete) คือ แบบจำลองสามมิติ

(2) ภาษา (Verbal) คือ แบบจำลองซึ่งต้องฟังหรืออ่าน อธิบาย บรรยาย โต้แย้ง การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย

(3) เชิงประจักษ์ (Visual) คือ แบบจำลองซึ่งมองเห็นได้ เช่น แผนภาพ แอนิเมชันของเลียนแบบบางอย่าง วีดีทัศน์

(4) เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical) คือ แบบจำลองซึ่งเป็นสูตร สมการ

(5) แสดงท่าทาง (Gestural) คือ แบบจำลองซึ่งมีการเคลื่อนไหวของร่างกาย ส่วนต่างๆ ของโมเดล

(6) ผสมผสานรูปธรรม (Concrete mixed) คือ โมเดลรูปธรรมซึ่งมองเห็นได้ บรรยายด้วยภาษาได้ หรือ มีองค์ประกอบด้านตัวเลข

(7) ผสมผสานเชิงภาษา (Verbal mixed) คือ ข้อความซึ่งสามารถมองเห็นได้ หรือองค์ประกอบของตัวเลขซึ่งถูกเพิ่มเติม

(8) ผสมผสานเชิงภาษา (Visual mixed) คือ ตัวแทนความคิดที่สามารถมองเห็นได้ ร่วมกับองค์ประกอบทางด้านภาษาหรือตัวเลข

(9) ผสมผสานเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical mixed) คือ สมการและสูตร ร่วมกับ การอธิบายทางด้านภาษา

(10) ผสมผสานการแสดงออก (Gestural mixed) คือ การแสดงออกของตัวแทนความคิดร่วมกับการอธิบายด้วยภาษา

Gilbert (2005: 13) ได้จำแนกวิธีการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Modes of Representation) เป็น 5 วิธี ดังนี้

(1) วิธีการเชิงรูปธรรมหรือวัตถุ (The Concrete or material mode) คือ การใช้วัตถุ 3 มิติที่มีลักษณะคงทน เช่นแบบจำลองพลาสติกแบบทรงกลมและก้าน รูปปั้นปูนปลาสเตอร์แสดงชั้นของเปลือกโลกเป็นต้น

(2) วิธีการเชิงภาษา (The Verbal mode) ซึ่งประกอบด้วยการพรรณนาของสิ่งที่เป็นเอกลักษณ์และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้น โดยการแสดงตัวแทนความคิด เช่น การพรรณนาธรรมชาติของลูกบอลและแท่งพลาสติกจากแบบจำลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสำรวจค้นหาของวิธีการการอุปมาอุปไมยและวิธีการใช้แนวเทียบซึ่งมีแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งการพูดและการเขียน

(3) วิธีการเชิงสัญลักษณ์ (The Symbolic mode) ประกอบไปด้วยการใช้สัญลักษณ์ สูตร สมการเคมี สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น การอธิบายกฎของแก๊ส อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น

(4) วิธีการเชิงประจักษ์ (The Visual mode) คือการใช้ กราฟ แผนภาพ แอนิเมชัน เป็นต้น ตัวอย่างสากลของวิธีการประเภทนี้คือ ตัวแทนความคิดแบบ 2 มิติ (เช่น แผนภาพ) ของโครงสร้างทางเคมี ซึ่งตัวอย่างดังกล่าวสามารถทำเป็นตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เสมือน 3 มิติได้ โดยใช้คอมพิวเตอร์

(5) วิธีการใช้ท่าทาง (The gestural mode) คือวิธีการที่ใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายหรือส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น การแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนในกระบวนการแยกด้วยไฟฟ้า โดยให้นักเรียนเคลื่อนที่สวนทางกัน

2.2.2.4 ประเภท (Type)

Gilbert (2008, pp. 6-16) ได้จำแนกประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Types of Representation) เป็น 9 ประเภท ซึ่งแต่ละชนิดมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

(1) โลกแห่งประสบการณ์ (World-as-experienced) คือ ปรากฏการณ์ที่ถูกสำรวจจริงในห้องปฏิบัติการทดลอง การศึกษาภาคสนาม หรือการทดลองและการศึกษาภาคสนามในรูปแบบสถานการณ์จำลอง

(2) การแสดงท่าทาง (Gestures) คือ รูปแบบตัวแทนความคิด 3 มิติ ที่ใช้ในวิทยาศาสตร์และการศึกษาวิทยาศาสตร์ เป็นการเคลื่อนไหวมือระหว่างการอธิบาย

(3) ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete representations) คือ รูปแบบตัวแทนความคิด 3 มิติเชิงโครงสร้าง เช่น โครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (ball-and-stick) ตัวแทนความคิดแบบเติมเต็มปริภูมิ (space filling)

(4) ภาพถ่าย (Photographs) เป็นตัวแทนความคิดที่มีความใกล้เคียงความเป็นจริง แต่ไม่เหมือนกับตัวแทนความคิดในรูปแบบโลกแห่งประสบการณ์ เนื่องจากภาพถ่ายนั้นจำกัดขอบเขตการรับรู้ของนักเรียน และความถูกต้องของความคิดเกี่ยวกับส่วนประกอบในภาพ ภาพถ่ายที่ใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ มีหลายประเภท แตกต่างตามแนวทางในการใช้ เช่น ใช้เพื่อตกแต่ง เป็นภาพประกอบ เพื่ออธิบาย หรือเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ เป็นต้น

(5) ตัวแทนความคิดเสมือนจริง (Virtual representations) หรือเสมือน 3 มิติ คือ ตัวแทนความคิดที่ใช้ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ในการผลิต โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้ตัวแทนความคิดเคลื่อนไหวได้คล้ายในธรรมชาติ

(6) แผนภาพ (Diagrams) เป็นตัวแทนความคิดที่ใช้อย่างแพร่หลายในหนังสือเรียน มีหลายรูปแบบ เช่น การ์ตูน แผนภาพเชิงภาพ แผนภาพที่มีคำอธิบายและลูกศรแสดงกระบวนการ และแผนภาพลายเส้นเชิงนามธรรม

(7) กราฟ (Graphs) คือ ตัวแทนความคิดที่เป็นแนวทางในการจัดการข้อมูล มีแนวโน้มแสดงข้อมูลทั้งหมด โดยสรุปถึงพฤติกรรมเพื่อศึกษารายละเอียดข้อมูล การสร้างกราฟต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมาก

(8) ชุดข้อมูล (Data Arrays) คือ รูปแบบของการแสดงตัวเลข ประกอบไปด้วยตาราง และฮิสโตแกรม

(9) สัญลักษณ์ และสมการ (Symbols and Equations) มีความเป็นนามธรรมมาก กลุ่มสำคัญซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะของตัวแทนความคิดเชิงสัญลักษณ์ในวิทยาศาสตร์ คือ สมการเคมี ซึ่งอาจแสดงเป็น สมการแบบกลุ่มคำ สมการโดยใช้สัญลักษณ์ของธาตุ หรืออาจระบุปริมาณด้วยตัวเลขในสมการ ระบุประจุ และสัญลักษณ์แสดงสถานะได้

จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น พบว่านักการศึกษาได้กล่าวถึงประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างหลากหลาย ซึ่งแต่ละประเภทนั้นมีความสัมพันธ์กัน Gilbert (2008: 7) ได้สรุปความสัมพันธ์ไว้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของประเภท มิติ และระดับ ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ Gilbert (2008: 7)

	3 มิติ	2 มิติ	1 มิติ
ระดับมหภาค	โลกแห่งประสบการณ์	โลกแห่งประสบการณ์	-
ระดับเล็กกว่าโมเลกุล	การแสดงท่าทาง ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม	ภาพถ่าย ตัวแทนความคิดเสมือนจริง แผนภาพ กราฟ ชุดข้อมูล	-
ระดับสัญลักษณ์	-	-	สัญลักษณ์ สมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ความสำคัญการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน

จากรายงานการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันนักการศึกษาได้เสนอให้สร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดหลายรูปแบบ (Ainsworth, 2006) ประโยชน์ของการใช้การนำเสนอความคิดหลายรูปแบบในขั้นตอนของการสอนมีทั้งด้านพุทธิพิสัย (Cognitive) และด้านจิตพิสัย (affective) โดยการใช้การนำเสนอความคิดหลายรูปแบบในขั้นตอนของการสอนช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในมโนทัศน์ที่กำลังเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนในด้านที่ถูกต้องอีกด้วย (Ainsworth, 1999)

Ainsworth (1999) ได้กล่าวถึงหน้าที่หลัก 3 อย่างของการใช้ความหลากหลายตัวแทนความคิดในการส่งเสริมการเรียนรู้ ดังนี้ ได้แก่ (1) เติมเต็ม (2) ผลักดัน (3) สร้าง ซึ่งมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

2.3.1 หน้าที่เติมเต็ม (Complementary Functions)

ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทำให้นักเรียนมีโอกาสสร้างองค์ความรู้เดียวกันจากมุมมองที่หลากหลาย ดังนั้นตัวแทนทางความคิดหนึ่งที่ไม่สามารถเข้าใจได้ สามารถแทนที่ได้โดยอีกตัวแทนหนึ่ง เนื่องจากตัวแทนความคิดมีความแตกต่างกันในกระบวนการที่สนับสนุนหรือแตกต่างกันที่สารสนเทศที่บรรจุในแต่ละตัวแทนความคิด ทำให้ตัวแทนความคิดหลากหลายรูปแบบนี้มีการเติมเต็มซึ่งกันและกัน โดยการรวมกันของตัวแทนความคิดซึ่งมีได้หลายแนวทางที่แตกต่าง ทำให้นักเรียนได้รับประโยชน์จากข้อดีที่แตกต่างของแต่ละตัวแทนความคิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.1.1 กระบวนการเติมเต็ม (Complementary processes)

ตัวแทนความคิดที่ประกอบด้วยสารสนเทศซึ่งเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่ข้อดีของแต่ละรูปแบบของตัวแทนความคิด สำหรับการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่เหมาะสม เนื่องจากขอบเขตซึ่งตัวแทนความคิดได้สนับสนุน คือ ลดความพยายามในการคิด (Computational offloading) การนำเสนอซ้ำ (Re-representation) หรือ การผลักดันด้วยกราฟิก (Graphical constrain) ด้วยเหตุดังกล่าว การจัดกระบวนการเติมเต็มตัวแทนความคิดที่หลากหลายให้สมบูรณ์สามารถทำได้ ดังกล่าวต่อไปนี้คือเหตุผลที่สามารถจัดให้เกิดประโยชน์ได้

1) ความแตกต่างส่วนบุคคล (Individual differences)

นักทฤษฎีที่สนใจแนวทางของรูปแบบการเรียนรู้ได้กล่าวว่า “ถ้านักเรียนได้รับการนำเสนอด้วยการให้เลือกตัวแทนความคิด นักเรียนจะเลือกทำงานกับตัวแทนความคิดซึ่งเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียนมากที่สุด” (Dunn & Dunn, 1993)มีงานวิจัยว่าสิ่งนี้สามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้ เช่น งานวิจัยของ Chun, Mayer, and Leutner (1998) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องราวใน

ภาษาที่สองได้ดีกว่าเมื่อนักเรียนมีโอกาสได้รับการอธิบายเพิ่มเติมด้วยรูปแบบนักเรียนชอบมากกว่า (รูปแบบการมองเห็น รูปแบบทางภาษา หรือ ทั้งสองอย่าง)

2) ภาระงาน (Task)

เนื่องด้วยการปฏิบัติจะช่วยส่งเสริมเมื่อโครงสร้างของข้อมูลที่จำเป็น โดยปัญหาที่ตรงกับแบบที่กำหนดให้ โดยการบันทึกแบบตัวแทนความคิด ซึ่งนักเรียนที่ได้รับตัวแทนความคิดจะสามารถได้รับประโยชน์จากการเลือกตัวแทนความคิดที่ดีที่สุดสำหรับงานที่ทำ เช่น เมื่อเนื้อหาเรื่องเมืองถูกอธิบายด้วยข้อความ นักเรียนจะทำงานได้ถูกต้องมากกว่าเมื่อให้แผนที่

3) กลยุทธ์ (Strategy)

เนื่องจากรูปแบบที่แตกต่างของตัวแทนความคิดสามารถเสริมนักเรียนให้ใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากหรือน้อยแตกต่างกัน ความหลากหลายของตัวแทนความคิดจะส่งเสริมนักเรียนด้วยการพยายามให้มีมากกว่าหนึ่งกลยุทธ์เพื่อแก้ไขปัญหา อีกทั้งตัวแทนความคิดนั้นมีส่วนสัมพันธ์กับกลยุทธ์ที่แตกต่าง

2.3.1.2 สารสนเทศเติมเต็ม (Complementary information)

ความหลากหลายของตัวแทนความคิดนั้นถูกใช้เพื่อเติมเต็มในการให้ความรู้ เมื่อแต่ละตัวแทนความคิดในระบบนั้นประกอบด้วยการให้ความรู้หรือสารสนเทศที่แตกต่างกัน สิ่งนี้อาจเกิดขึ้นถ้าตัวแทนความคิดเดี่ยวมีความซับซ้อนและนำเสนอข้อมูลทั้งหมดของสารสนเทศหรือสารสนเทศนั้นมีระดับที่แตกต่าง

1.3.2 หน้าที่ผลักดัน (Constrain Functions)

หนึ่งในตัวแทนของการนำเสนอหลายรูปแบบอาจจะง่ายในการแปลความของสิ่งที่เป็นนามธรรมแต่ยากในการนำเสนอ ดังนั้นความยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนในตัวแทนความคิดที่ไม่คุ้นเคย จะถูกผลักดันโดยตัวแทนทางความคิดที่นักเรียนคุ้นเคย ข้อดีของการใช้ตัวแทนความคิดหลายรูปแบบคือ การรวมกันอย่างถูกต้องของตัวแทนความคิด สามารถช่วยการเรียนรู้ เมื่อหนึ่งตัวแทนความคิดนั้นสามารถผลักดันการแปลความของอีกหนึ่งตัวแทนความคิด ซึ่งสามารถบรรลุผลได้ในสองแนวทาง แนวทางแรกนักเรียนจะคุ้นเคยกับตัวแทนความคิดและตัวแทนความคิดดังกล่าวสามารถผลักดันการแปลความหมายของตัวแทนความคิดที่มีความคุ้นเคยน้อยกว่า ตัวอย่างแอนิเมชันที่เป็นรูปธรรมมักใช้ในการจำลองประกอบตัวแทนความคิดที่ไม่คุ้นเคยและมีความซับซ้อน เช่น กราฟ แนวทางที่สองการผลักดันดังกล่าวจะบรรลุผลได้โดยการใช้ประโยชน์ของสมบัติที่มีอยู่ตัวแทนความคิด ดังวลีที่กล่าวว่า แมวอยู่กับสุนัข ซึ่งอาจมีความคลุมเรือเกี่ยวกับด้านของสุนัขและแมว แต่ถ้ามีภาพ แมวต้องอยู่เพียงด้านซ้ายหรือด้านขวาด้านใดด้านหนึ่ง ดังนั้น เมื่อสองตัวแทน

ความคิดดังกล่าวถูกนำเสนอร่วมกัน การแปลความที่คลุมเครือในตอนแรกจะถูกผลักดันโดยตัวแทนความคิดที่สอง (Schnotz, 2002)

1.3.3 หน้าที่สร้าง (Construct Functions)

การใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายจะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหา (Deep understanding) ถ้านักเรียนถูกสอนให้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่ใช้ และมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมจะกลายเป็นรูปธรรมที่มีความหมายสำหรับนักเรียน โดยตัวแทนความคิดหลายรูปแบบสนับสนุนการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง เมื่อนักเรียนบูรณาการสารสนเทศจากตัวแทนความคิดหลายรูปแบบ เพื่อบรรลุการเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่งอาจจะยากถ้าใช้เพียงหนึ่งตัวแทนความคิด นอกจากนี้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นจากแนวทางนี้มีความเป็นไปได้ที่จะถ่ายโอนไปยังสถานการณ์ใหม่ ซึ่งสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นเป็นกระบวนการโดยนักเรียนสร้างสิ่งหนึ่งภายในจิตใจซึ่งถูกใช้เป็นฐานสำหรับขั้นตอนและมโนทัศน์ที่การจัดการระดับสูง นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ซึ่งจะแสดงพื้นฐานโครงสร้างของเนื้อหาซึ่งถูกนำเสนอซึ่งตัวแทนความคิดที่เกิดขึ้น กับการทำงานร่วมกับเพื่อนมีความเป็นนามธรรมมากกว่าการสร้างโดยคนเดียว ตัวแทนความคิดที่เป็นนามธรรมจะปรากฏเช่นเดียวกับผลของความต้องการตัวแทนความคิด ซึ่งจะสามารถเชื่อมต่อระหว่างส่วนบุคคล

การขยายความรู้สามารถพิจารณาได้จากวิธีการซึ่งนักเรียนมีจากสิ่งที่ไม่รู้สู่สิ่งที่รู้ไปสู่ตัวแทนความคิด แต่ปราศจากการจัดระบบใหม่โดยธรรมชาติของความรู้นั้น ตัวอย่าง นักเรียนอาจเรียนรู้วิธีการแปลความหมายกราฟความเร็วกับเวลา ในลำดับต่อมานักเรียนสามารถที่จะขยายความรู้ต่อไปยัง ตัวแทนความคิดที่เป็นกราฟ ความเร่งกับเวลาได้

ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์เป็นกระบวนการโดยที่สองตัวแทนความคิดถูกทำให้เกี่ยวข้องกันอีกครั้งโดยปราศจากการจัดระบบใหม่ของความรู้ โดยจุดมุ่งหมายของความสัมพันธ์ทางการสอนระหว่างตัวแทนความคิดบางครั้งสามารถที่จะจบได้ด้วยตัวเอง เช่นในการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสร้างกราฟซึ่งจะได้สมการ ส่วนในเหตุผลอื่นๆอาจจะใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสิ่งที่เป็นนามธรรม

โดยหน้าที่ของตัวแทนความคิดจะถูกใช้ได้บ่อยเท่าไรขึ้นกับความรู้ของนักเรียนและเป้าหมายความตั้งใจของผู้ออกแบบซึ่งไม่เป็นระบบ ตัวอย่าง นักเรียนคนหนึ่งซึ่งอาจจะคุ้นเคยกับตารางและขยายความรู้ของเขไปสู่กราฟ บางคนอาจมีความคุ้นเคยกับทั้งสองอยู่แล้วแต่ไม่มีการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้น

2.4 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน

ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทฤษฎีรหัสคู่ (Dual-Coding) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแทนความคิดภายนอก (The external representation) นั้นจะกระตุ้นทั้งวัจนภาษา (Verbal system) และระบบที่อวัจนภาษา (non-Verbal system) ในหน่วยความจำของมนุษย์ ระบบทางภาษานั้นจะทำหน้าที่ในกระบวนการสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับคำ ส่วนระบบที่อวัจนภาษานั้นจะเป็นกระบวนการศึกษาองค์ความรู้ด้วยภาพ ทั้งระบบภาษาและระบบภาพในหน่วยความจำของมนุษย์นั้นมีหน่วยของตัวแทนทางความคิดซึ่งแยกออกจากกัน (Individual representational unit codes) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะ คือ Logogens และ Imagens ตามลำดับ โดย Logogens จะมีลักษณะเช่นเดียวกับรหัสของคำ ในขณะที่ Imagens จะคือรหัสที่สามารถมองเห็นได้ของปรากฏการณ์ การร่วมกันเชื่อมโยงภายในระบบภาษาและไม่ใช่ภาษาภายในนั้นจะมีการเชื่อมต่อเฉพาะในหน่วยของตัวแทน การเรียนรู้ทั้งสองช่องทาง คือ วัจนภาษาและอวัจนภาษา นักเรียนจะมีการเรียนรู้ได้ดีกว่าเรียนรู้จากวัจนภาษาเพียงอย่างเดียว (Paivio,1986 อ้างถึงใน Clark and Paivio,1991)

2.5 แนวทางการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายในการเรียนการสอน

ตัวแทนความคิดในการจัดการเรียนรู้ สามารถมีได้หลายรูปแบบและหลายหน้าที่ การจับคู่ที่ดีระหว่างชนิดของตัวแทนความคิดและความต้องการในการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ และช่วยให้ความสามารถในการปฏิบัติและความเข้าใจนั้นเพิ่มมากขึ้น (Ainsworth, 2006) หลายปีที่ผ่านมามีหลากหลายงานวิจัยที่พยายามสำรวจ ศึกษาผลของตัวแทนความคิดที่มีต่อการเรียนรู้ ซึ่งผลการศึกษามีทั้งสนับสนุนกันชัดเจนและขัดแย้งกัน ทำให้ตระหนักเพิ่มขึ้นว่าต้องมีเงื่อนไขเพื่อให้ ตัวแทนความคิดที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 นักวิจัยและนักทฤษฎีในสาขาการเรียนรู้และการสอนตระหนักถึงประสิทธิภาพของตัวแทนความคิดในการจัดการเรียนรู้ว่า ประสิทธิภาพของตัวแทนความคิดขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างธรรมชาติของตัวแทนความคิด จุดมุ่งหมายของภาระงาน และความคุ้นเคยของนักเรียนต่อตัวแทนความคิดและเนื้อหาวิชา โดยตัวแทนความคิดหนึ่งอาจมีความเหมาะสมกว่าตัวแทนความคิดอีกประเภทหนึ่ง โดยขึ้นกับเป้าหมายและจุดมุ่งหมายของงาน เช่น ในการอธิบายเรื่อง การไหลเวียนของเลือด เมื่ออธิบายด้วยวิธีเชิงประจักษ์อาจเข้าใจง่ายกว่าเมื่ออธิบายด้วยภาษาเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ภาษานั้นมีประสิทธิภาพสำหรับการนำเสนอมโนทัศน์ (Schnotz, 2002) ประสิทธิภาพของตัวแทนความคิดนั้นขึ้นอยู่กับความคุ้นเคยกับตัวแทนความคิดนั้นๆ ของนักเรียนด้วย ในลำดับแรกนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจรูปแบบของตัวแทนความคิดซึ่งคือวิธีการเปลี่ยนตัวแทนความคิดเป็น

สารสนเทศ และวิธีที่สัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาที่ตัวแทนความคิดนั้นนำเสนอ อีกสิ่งหนึ่งคือบางรูปแบบของตัวแทนความคิดที่นำเสนอนั้นต้องการเวลาในการฝึกปฏิบัติก่อนที่จะให้ผลประโยชน์ต่อการเรียนรู้

Ainsworth (1999, 2006) ได้เสนอหลักการใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดในการเรียนรู้ ได้แก่ (1) หน้าที่ของตัวแทนความคิดที่เหมาะสม และ (2) ภาระงานทางสติปัญญาของนักเรียน มีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

1) หน้าที่ของตัวแทนความคิดที่เหมาะสม (The functions of an appropriate representation)

มีหลักฐานมากมายที่แสดงถึงประโยชน์ที่ตัวแทนความคิดได้แสดงบทบาทในการสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งงานวิจัยส่วนมากได้แสดงว่า การจับคู่ของตัวแทนความคิดกับความต้องการในสถานการณ์การเรียนรู้สามารถพัฒนาสมรรถนะและความเข้าใจได้อย่างมีนัยสำคัญ Scaife and Rogers (1996) ได้เสนอว่ามีข้อดีที่แตกต่างกันสำหรับการเรียนรู้โดยขึ้นกับ การลดความพยายามในการคิด (Computational offloading) การนำเสนอซ้ำ (Re-representation) หรือ การผลักดันด้วยกราฟิก (Graphical constrain)

1.1) การลดความพยายามในการคิด (Computational offloading) คือ ขอบเขตของตัวแทนความคิดซึ่งมีความแตกต่างกันที่จะลดจำนวนความพยายามของสติปัญญาที่ต้องการจะแก้ปัญหาอย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งตัวแทนความคิดนั้นคือข้อมูลที่เท่าเทียมกันโดยแตกต่างกันที่คุณสมบัติด้านการคิด ตัวอย่าง แผนภาพ (Diagram) ง่ายต่อการรับรู้โดยสามารถใช้กระบวนการรับรู้โดยการรวมกันของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน

1.2) การนำเสนอซ้ำ (Re-representation) คือ แนวทางซึ่งตัวแทนความคิดที่มีโครงสร้างทางรูปธรรมที่เหมือนกันซึ่งมีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ซึ่ง Zhang and Norman (1994) ได้แสดงว่าการแก้ปัญหาด้วยรูปแบบต่างๆซึ่งมีเนื้อหาเรื่องเดียวกัน นั้นถูกยกระดับเมื่อตัวแทนความคิดนั้นมีสารสนเทศมาก โดยการทำให้กระบวนการรับรู้ภายนอกเป็นประโยชน์มากกว่าการทำงานด้านสติปัญญา ซึ่งการนำเสนอแบบกราฟิกสามารถใช้ได้ผลมากกว่า

1.3) การผลักดันด้วยกราฟิก (Graphical constrain) การอธิบายมีข้อจำกัดของมโนทัศน์ซึ่งถูกแทนด้วยตัวแทนความคิด เช่น ข้อความใช้พรรณนาความรู้สึกที่อธิบายได้ยาก ซึ่งกราฟิกไม่สามารถที่จะปรับให้เหมาะสมได้โดยง่ายซึ่ง Schnotz (2002) ได้กล่าวเน้นถึงความแตกต่างระหว่างการพรรณนา (descriptive) และการอธิบายด้วยภาพ (Depictive) กล่าวคือการอธิบายด้วยภาพนั้นมีประโยชน์ในการจัดหาสารสนเทศที่เป็นรูปธรรมและบ่อยครั้งที่ความมีประสิทธิภาพนั้นเป็น

สารสนเทศเฉพาะซึ่งสามารถอ่านได้จำกัด อีกนัยหนึ่ง ตัวแทนความคิดแบบพรรณนา สามารถแสดงข้อมูลที่เป็นรูปธรรมตลอดจนข้อมูลซึ่งเป็นการปฏิเสธหรือขัดแย้งได้ง่ายกว่า

2) ภาระงานทางสติปัญญาของนักเรียน (Cognitive task) เกี่ยวข้องในการเรียนรู้กับตัวแทนความคิด ประโยชน์ในการใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนรู้นั้นไม่ได้มาโดยง่าย นักเรียนนั้นต้องเผชิญกับภาระงานของการเรียนรู้ซึ่งมีความซับซ้อน เมื่อนักเรียนได้รับการนำเสนอด้วยตัวแทนความคิดรูปแบบใหม่ในครั้งแรก พวกเขาต้องทำความเข้าใจวิธีที่ตัวแทนความคิดจะลงรหัส (Encode) เพื่อเปลี่ยนเป็นสารสนเทศ และวิธีที่ตัวแทนความคิดจะสัมพันธ์กับเนื้อหาที่จะนำเสนอออกมา อีกทั้งนักเรียนอาจต้องการเลือกตัวแทนความคิดที่เหมาะสม หรือสร้างด้วยตนเอง ซึ่งสามารถให้ประโยชน์ได้แต่ยังเป็นตัวแทนทางความคิดแบบใหม่ โดยต่อไปจะกล่าวถึงภาระงานทางสติปัญญาและปัญญาของนักเรียนซึ่งต้องเผชิญหน้าในการเรียนรู้

2.1) นักเรียนควรเข้าใจในรูปแบบของตัวแทนความคิด

นักเรียนควรเรียนรู้วิธีการลงรหัส (Encode) ของตัวแทนความคิด และรูปแบบการนำเสนอ (Format) ในกรณีกราฟ รูปแบบจะมีลักษณะ เช่น เส้น คำอธิบาย และแกน นักเรียนยังต้องเรียนรู้ในสิ่งที่ถูกกำหนดไว้ในตัวแทนความคิด สำหรับการจะต้องเรียนรู้วิธีการหาองค์ประกอบของเส้น คือ จุดสูงสุด ต่ำสุด และจุดตัด

การศึกษาจำนวนหนึ่งได้แสดงวิธีการที่ซับซ้อน โดย Friel, Curcio, and Bright (2001) พบว่านักเรียนนั้นยากลำบากในการประยุกต์และการทำความเข้าใจ รูปแบบและการใช้กราฟ นักเรียนอาจพบกับความยากในการอ่านและกำหนดจุด การแปลความหมายจากกราฟ หรือสับสนค่าต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งการแสดงภาพ (Visual interface) ผู้ที่ฝึกหัดอาจขาดความเชี่ยวชาญในสัญลักษณ์ กล่าวคือไม่สามารถรับรู้ความหมายของตัวแทนความคิดได้ และพบว่าการค้นหาของตัวแทนความคิดในรูปแบบกราฟนั้นยากซึ่งนักเรียนไม่สามารถการอ่านและค้นคว้า

2.2) นักเรียนควรเข้าใจระหว่างตัวแทนความคิดและเนื้อหาการเรียนรู้

การแปลความหมายของตัวแทนความคิดคือกิจกรรมที่ขึ้นกับบริบท (Roth & Bowen, 2001) ซึ่งนักเรียนต้องเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดและเนื้อหาการเรียนรู้ซึ่งจะนำเสนอออกมา ถ้านักเรียนไม่เข้าใจจะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะขัดขวางการแก้ปัญหาหรือการปฏิบัติอย่างเชี่ยวชาญ ซึ่งความเข้าใจนี้ต้องถูกเชื่อมโยงอย่างสมบูรณ์ระหว่างความรู้แต่ละด้าน ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องกำหนดแต่ละตัวปฏิบัติการเพื่อประยุกต์ตัวแทนความคิดเพื่อช่วยในความสัมพันธ์ของสารสนเทศ ตัวอย่าง เมื่อพยายามอ่านความเร็วของวัตถุจากกราฟระยะทางกับเวลา

นักเรียนมักอ่านจากความสูงของเส้นมากกว่าความชันของเส้น (Leinhardt, Zaslavsky, & Stein, 1990)

2.3) นักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจการเลือกตัวแทนความคิดที่เหมาะสม

ในบางสถานการณ์นักเรียนเลือกตัวแทน ซึ่งพวกเขาพบว่าเหมาะสมที่สุด ดังนั้น นักเรียนอาจต้องพิจารณาปัจจัยอื่น เช่น ตัวแทนความคิดและลักษณะของงาน ตลอดจน ความชอบส่วนบุคคล

2.4) นักเรียนอาจต้องเข้าใจวิธีการสร้างตัวแทนความคิดที่เหมาะสม

ในหลายสถานการณ์นักเรียนอาจต้องสร้างหรือประดิษฐ์ตัวแทนความคิดมากกว่าการแปลความจากตัวแทนความคิดที่มีการนำเสนอ Disessa (2004) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ออกแบบตัวแทนความคิดด้วยตนเองเป็นสิ่งที่ดี ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีการสร้างตัวแทนความคิดที่ไม่ถูกต้องแต่นักเรียนยังได้ผลสรุปที่ถูกต้อง ในงานวิจัย Van M. P. (2001) พบว่าการวาดนั้นมีส่วนช่วยอย่างมากในการเรียนรู้เมื่อเสริมนักเรียนให้สมบูรณ์ด้วยคำถามแนะแนวทาง (Guidance question) ขณะที่มีการสร้างแผนภาพ งานวิจัยเรื่องการเรียนรู้ด้วยตัวแทนความคิดหลายรูปแบบที่ผ่านมาให้ความสนใจเกี่ยวกับแนวทางของการนำเสนอรูปภาพพร้อมด้วยข้อความซึ่งสามารถพัฒนาความจำของผู้อ่านได้ นอกจากนี้แนวคิดด้านการแปรผันทางการรับรู้ (Perceptual variability theory) ซึ่งเป็นความสามารถที่จะสร้างและสับเปลี่ยนระหว่างมุมมองที่หลากหลายของเนื้อหาที่เป็นส่วนสำคัญเพื่อการเรียนรู้ที่จะประสบความสำเร็จ อีกทั้งงานวิจัยด้านการให้เหตุผลเชิงเปรียบเทียบ (Analogical reasoning) ได้แสดงวิธีของกระบวนการเปรียบเทียบเพื่อช่วยให้คนได้ข้อสรุปใหม่ ซึ่งงานวิจัยบนข้อดีของการจัดตัวแทนความคิดที่มากกว่าหนึ่งให้กับนักเรียน ผลที่เกิดนั้นผสมผสานกัน เช่น การศึกษาซึ่งพบว่า นักเรียนได้รับประโยชน์จาก ตัวแทนความคิดหลายรูปแบบ (Cox และ Brna, 1995; Tabacheneck, Koedinger, และ Nathan, 1994)

Ainswoth (2006) ได้เสนอแนวทางที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้างตัวแทนความคิดที่เหมาะสม โดยเน้นที่รูปแบบของระบบตัวแทนความคิด คือ DeFT Framework (Design Functions Task) ซึ่งได้แนะนำมิติต่างๆ ซึ่งมิติเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคนที่จะสามารถได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้ด้วยการรวมกันอย่างเฉพาะเจาะจงของตัวแทนความคิด โดยมิตินี้ได้พิจารณาในรูปแบบของ DeFT ซึ่งเป็นปัจจัยการออกแบบซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของการเรียนรู้ด้วยตัวแทนความคิดที่มากกว่าหนึ่ง โดยแตกต่างกันที่หน้าที่ในขั้นตอนการสอนซึ่ง ตัวแทนความคิดหลายรูปแบบนี้ จะแสดงบทบาทและภาระงานด้านปัญญา (Cognitive task) ซึ่งผู้เรียนต้องมีบทบาทในการปฏิสัมพันธ์กับตัวแทนความคิดหลากหลายรูปแบบเหล่านี้ด้วย โดยกรอบ DeFT นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยพิจารณางานวิจัยที่มีอย่างกว้างขวางในปัจจุบันจากมุมมองและแนวคิดที่หลากหลาย เช่นมุมมองด้าน จิตวิทยาทางสติปัญญา (Cognitive Psychology) วิทยาศาสตร์ทางสติปัญญา(Cognitive Science) การศึกษา (Education) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) การศึกษาด้านหลักสูตร(Curriculum Studies) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้อาจศึกษาโดยหลากหลายวิธี เช่น กรณีศึกษา การทดลอง

Computational modeling และจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งศึกษาทั้งในสาขา คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา

แนวทางการออกแบบระบบตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ซึ่งมีอิทธิพลต่อกระบวนการและผลของการเรียนรู้ ซึ่งระบบนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละเนื้อหา ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายของผู้ใช้ระบบและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ ซึ่งมักมีเหตุผลเฉพาะในการใช้แต่ละตัวแทนความคิด ซึ่งตัวแทนความคิดภายนอกนั้นจะประกอบไปด้วย 1) โลกซึ่งถูกแทน (The represented world) 2) สิ่งซึ่งแทนโลก (The representing world) 3) ลักษณะของโลกที่ถูกแทน 4) ลักษณะของสิ่งซึ่งแทนโลกนั้นทำการจำลองอยู่ 5) ความสอดคล้องกันระหว่างทั้งสองโลก ดังนั้น เมื่อพิจารณาประสิทธิผลของการแทน ทั้งสารสนเทศที่ใช้ในการแทน (โลกที่ถูกแทน) และแนวทางที่จะนำเสนอ (การแทนโลก) ต้องมีการพิจารณา ซึ่งการออกแบบการแทนความคิดที่มีประสิทธิภาพคือความพยายามให้ถูกต้อง คือ ปัจจัยการออกแบบตามแนวทาง DeFT ซึ่งได้แก่ (1) จำนวนของตัวแทนความคิด (2) แนวทางการกระจายสารสนเทศ (3) รูปแบบของตัวแทนความคิด (4) การเรียงลำดับของตัวแทนความคิด (5) การส่งเสริมการแปลระหว่างตัวแทนความคิด ซึ่งมีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

(1) จำนวนของตัวแทนความคิด

ระบบของตัวแทนความคิดหลายรูปแบบจะใช้อย่างน้อย 2 ตัวแทนความคิด แต่โดยทั่วไปแล้ว จะใช้มากกว่า 2 รูปแบบ ทั้งที่ใช้ในเวลาเดียวกัน หรือ ใช้ในบางขั้นตอนระหว่างการปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนกับระบบ

(2) แนวทางการกระจายสารสนเทศ

ระบบของตัวแทนความคิดหลายรูปแบบนั้นยืดหยุ่นได้ ซึ่งการยืดหยุ่นนี้เป็นผลมาจากทั้งความซับซ้อนของแต่ละตัวแทนความคิดและความซ้ำซ้อนของสารสนเทศระหว่างตัวแทนความคิด อีกอย่างหนึ่งคือแต่ละตัวแทนความคิดสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่แตกต่างได้อย่างสมบูรณ์ (โลกซึ่งถูกแทนมีความแตกต่างกัน) ในกรณีที่ไม่ซ้ำซ้อนระหว่างตัวแทนความคิด การกระจายของสารสนเทศจะทำได้ง่ายขึ้นในแต่ละตัวแทนความคิด แต่ความต้องการเพิ่มเติมของตัวแทนความคิดนั้นอาจต้องการเพื่อบูรณาการ โดยระบบอาจซับซ้อนได้บางส่วน ดังนั้นบางส่วนของสารสนเทศนั้นจะต้องต่อเนื่องระหว่างตัวแทนความคิด และท้ายที่สุด แต่ละตัวแทนความคิดสามารถแสดงสารสนเทศซึ่งเหมือนกัน และเพื่อความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดซึ่งเป็นคุณสมบัติการคิด (การแทนโลก)

(3) รูปแบบของตัวแทนความคิด

ระบบซึ่งเป็นมัลติมีเดียนั้น สามารถที่จะแสดงทั้งภาพถ่าย ข้อความ แอนิเมชัน เสียง สมการ และกราฟ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ควรเลือก งานวิจัยจำนวนมากเน้นระบบที่ต่างชนิดกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่รวมกันระหว่างระบบข้อความและรูปภาพ (Schotz, 2002) หรือระบบของระบบประสาทหลายระบบ (Multi-sensory system) เช่นการเขียนข้อความ หรือการแสดงรูปภาพกับการอธิบาย

ด้วยคำพูด อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบของระบบตัวแทนความคิดที่มีผลต่อการเรียนรู้อย่างแน่นอน ยังไม่เพียงพอที่จะพิจารณาในแต่ละชนิดของตัวแทนความคิดในการแยกพิจารณา กล่าวคือ ตัวแทนความคิดนั้นมีปฏิสัมพันธ์กับตัวแทนความคิดเฉพาะในแต่ละเนื้อหาด้วย สิ่งนี้เป็นช่องว่างในการสำรวจ

(4) การเรียงลำดับของตัวแทนความคิด

ถ้าทุกตัวแทนความคิดนั้นไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน ต้องพิจารณาลำดับของตัวแทนความคิดนี้ ประเด็นแรกคือลำดับซึ่งตัวแทนความคิดควรถูกนำเสนอหรือถูกสร้าง และถ้าเป็นสิ่งที่รู้แล้ว นักเรียนหรือระบบต้องตัดสินในจุดที่ควรเพิ่มตัวแทนความคิดใหม่เข้าไป หรือการสับเปลี่ยนระหว่างตัวแทนความคิด

(5) การส่งเสริมการแปลระหว่างตัวแทนความคิด

สิ่งแวดล้อมทางคอมพิวเตอร์ มีแนวทางที่หลากหลายในการบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิด ซึ่งมี 2 มิติที่น่าสนใจคือ (1) บทบาทของสิ่งแวดล้อมในการส่งเสริมนักเรียน และ(2) การสนับสนุนทั้งในระดับประโยค (Syntactic level) ระดับคำ (Semantic level) ระดับตัวแทนความคิด (Representation level) หรือ ระดับเฉพาะแต่ละสาขาวิชา (Domain level)

จากนั้นนักวิจัยและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ออกแบบหลักการ และแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Kozma (2003, pp. 205-226) ได้เสนอหลักการออกแบบการใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางของโครงสร้างการใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการทดลอง เพื่อเป็นการสนับสนุนความเข้าใจในวิชาเคมีของนักเรียน ซึ่งเป็นแนวทางของนักเคมี ซึ่ง Kozma (2003: 218) ได้แนะนำถึงหลักสำคัญ 3 ประการ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนความเข้าใจของนักเรียน ดังนี้

1) จัดหาอย่างน้อย 1 ระบบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีลักษณะที่สอดคล้องกันอย่างชัดเจนของเอกลักษณ์และกระบวนการซึ่งเป็นรากฐานของปรากฏการณ์ทางกายภาพ

2) ให้นักเรียนใช้การเชื่อมโยงความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของการทำงานร่วมกัน สภาพจริง และการสำรวจเชิงการทดลอง

3) กระตุ้นนักเรียนในการทำงานกลุ่ม ซึ่งนักเรียนจะสร้างตัวแทนความคิด และร่วมกันพิจารณาลักษณะของตัวแทนความคิดเพื่อยืนยัน และอธิบายผลของการสำรวจของนักเรียน

Tasker and Dalton (2006, pp. 141-159) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ The Constructivist VisChem Learning Design ซึ่งได้ระบุว่าสามารถใช้การจัดการเรียนการสอนนี้ได้ในทุกหัวข้อของวิชาเคมีที่ต้องการให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเรียนการสอนดังกล่าว มี 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 สังเกตปรากฏการณ์ (Observing a phenomenon)

ขั้นที่ 2 บรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุล (Describing and drawing a molecular-level representation)

ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกับเพื่อน (Discussing with peer)

ขั้นที่ 4 ศึกษาแอนิเมชันหรือสถานการณ์จำลอง (Viewing animations and simulation)

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบความแตกต่างกับมโนทัศน์ก่อนเรียน (Reflecting on any difference with prior concepts)

ขั้นที่ 6 เชื่อมโยงความคิดในระดับต่าง ๆ (Relating to other thinking level)

ขั้นที่ 7 ปรับประยุกต์มโนทัศน์ (Adapting to new situations)

Tasker and Dalton (2006: 152) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของขั้นตอนดังกล่าว ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ของนักเรียนคือ

(1) เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ของสสารและปฏิกิริยาที่ระดับโมเลกุล

(2) เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ

(3) เพื่อประยุกต์ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปยังสสารหรือปฏิกิริยาใหม่

(4) ใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในการทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีใหม่ ซึ่งต้องการมุมมองระดับโมเลกุล

Adadan, Karen, and Trundle (2009, 2010) ได้เสนอวิธีการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามการปฏิรูปการศึกษาร่วมกับความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Reform-based teaching with multiple representations) โดยเสนอวิธีการดังนี้

(1) การทำงานกลุ่ม (Group work)

(2) อภิปรายร่วมกัน (Whole-class discussion)

(3) ใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Multiple representations)

3.1) สำรวจปรากฏการณ์ (Observing the phenomenon)

3.2) วาดภาพโมเลกุล (Drawing pictorial particle)

3.3) อธิบายปรากฏการณ์ทั้งรูปแบบการพูดและการเขียน (Explaining the phenomenon)

3.4) ดูสถานการณ์จำลอง (Viewing online simulation of motion of particles

(4) เขียนบันทึก (Journal writing)

2.6 การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้น โดยมีรายละเอียด บทบาทครู และบทบาทนักเรียนของแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (ปรับจากแนวคิดของ Tasker and Dalton, 2006)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. สังเกตปรากฏการณ์ ขั้นสร้างความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียนจากปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย โดยใช้ตัวแทนความคิดประเภท โลกแห่งประสบการณ์ หรือ ภาพถ่าย เป็นหลัก เพื่อแทนปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย	(1) แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อให้นักเรียนทำงานกลุ่มระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ (2) นำเสนอปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย (3) ใช้คำถามกระตุ้นและชี้แนะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่นำเสนอในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่จะเรียนรู้ (4) ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้	(1) นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูกำหนด (2) สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ (3) บันทึกสิ่งทีสังเกตได้จากปรากฏการณ์ภายใต้คำชี้แนะของครู (4) ตั้งคำถามที่นักเรียนสงสัยในปรากฏการณ์ เช่น เพราะเหตุใดจึงเกิดปรากฏการณ์นี้
2. อธิบายปรากฏการณ์ด้วยการวาดภาพและบรรยาย		

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นจินตนาการปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย จากนั้นวาดภาพและบรรยายตัวแทนความคิดแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภทแผนภาพ เป็นหลัก เพื่อแทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่นักเรียนจินตนาการขึ้น	(1) กำหนดองค์ประกอบและลักษณะของภาพตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าจากปรากฏการณ์ที่นำเสนอ เช่น รูปร่าง ขนาด และความสัมพันธ์ของสิ่งที่ต้องมีในภาพ (2) กำกับนักเรียนให้ทำงานภายในเวลาที่กำหนด	(1) จินตนาการปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่อยู่ในปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ (2) วาดภาพตัวแทนความคิดแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเพื่ออธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ และเขียนบรรยายภาพวาดตัวแทนความคิดที่ตนเองสร้างขึ้น
3. นำเสนอและอภิปรายภายในกลุ่ม ขั้นนำเสนอภาพวาดตัวแทนความคิดแสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าจากนั้นให้ข้อมูลย้อนกลับงานระหว่างเพื่อน ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภทแผนภาพ เพื่อแทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่นักเรียนจินตนาการขึ้น	(1) พูดชี้แนะและกระตุ้นความสนใจในลักษณะสำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบภาพวาดเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่นำเสนอ	(1) นำเสนองานของตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม (2) เปรียบเทียบภาพวาดตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าของตนเองกับเพื่อน (3) ให้ข้อมูลย้อนกลับงานของเพื่อนว่าลักษณะสำคัญของภาพวาดของเพื่อนสามารถอธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอได้หรือไม่ (4) อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มในประเด็นเกี่ยวกับภาพตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอที่ได้ข้อมูลหลักมากกว่า
4. ศึกษาสถานการณ์จำลอง ขั้นศึกษาสถานการณ์จำลองซึ่ง	นำเสนอสถานการณ์จำลอง	ศึกษาสถานการณ์จำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
แสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยครูนำเสนอตัวแทนความคิดประเภท ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรมหรือตัวแทนความคิดเสมือนจริง เป็นหลัก แทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า	ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังนี้ (1) นำเสนอโดยปราศจากการบรรยาย (2) นำเสนอพร้อมพูดกระตุ้นให้นักเรียนสนใจในลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ (3) นำเสนออีกครั้งเพื่อทบทวนลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่ใช้อธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่นำเสนอ	ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังนี้ (1) ศึกษาอย่างตั้งใจ (2) ศึกษาและสังเกตลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ (3) ทบทวนลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ (4) บันทึกความแตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของมโนทัศน์จากสถานการณ์จำลองและภาพวาดตัวแทนความคิดจากจินตนาการของตนเอง
5. ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดและสถานการณ์จำลอง ขั้นแลกเปลี่ยนสิ่งที่แตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของมโนทัศน์จากตัวแทนความคิดที่ครูนำเสนอและภาพวาดตัวแทนความคิดจากจินตนาการของตนเองกับเพื่อน จากนั้นอภิปรายในประเด็นเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่แทนด้วยภาพตัวแทนความคิดใด ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และนักเรียนปรับปรุงภาพวาดของตนเอง ในขั้นนี้ใช้ตัวแทนความคิดประเภทแผนภาพ และตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรมหรือตัวแทนความคิดเสมือนจริง	(1) นำนักเรียนอภิปรายในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่แทนด้วยภาพตัวแทนความคิดใด ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด (2) ชี้แนะนักเรียนให้ปรับปรุงภาพวาดของตนเองให้ถูกต้อง (3) กำกับนักเรียนให้ทำงานภายในเวลาที่กำหนด	(1) จับคู่กับเพื่อนอภิปรายประเด็นที่แตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ในแอนิเมชัน และตัวแทนความคิดจากภาพวาดของตนเอง (2) อภิปรายประเด็นที่แตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ในแอนิเมชัน และตัวแทนความคิดจากภาพวาดของตนเองร่วมกับเพื่อนทั้งชั้นเรียน (3) ปรับปรุงภาพวาดของตนเองให้มีลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
6. เชื่อมโยงความรู้ ขั้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่แสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถ	(1) นำเสนอสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแทนความคิด (2) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยง	(1)ใช้สัญลักษณ์แทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่แสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
สังเกตได้ง่าย จากนั้นแสดงด้วยตัวแทนความคิดประเภทกราฟ สัญลักษณ์และสมการ หรือ ชุดข้อมูลเป็นหลัก	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่แสดงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์อธิบายปรากฏการณ์ที่นำเสนอ	(2) อธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่ายด้วยปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและสัญลักษณ์
7. ปรับประยุกต์มโนทัศน์ ขั้นเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกัน	(1) แสดงปรากฏการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่ได้นำเสนอในขั้นตอนที่ 1 (2)กระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้สู่ปรากฏการณ์ใหม่ (3) ประเมินมโนทัศน์ของนักเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับ	(1) สังเกตตัวอย่างปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกัน (2) เชื่อมโยงมโนทัศน์สู่ปรากฏการณ์ใหม่ซึ่งเป็นตัวอย่างที่คล้ายคลึงกัน (3) แสดงตัวแทนความคิดด้วยการวาดภาพและบรรยายมโนทัศน์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ความสามารถในการวิเคราะห์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง ความสามารถในการวิเคราะห์ (Analyzing Ability) พบว่า การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยและระบุความสัมพันธ์ ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในสิ่งนั้น ซึ่งประกอบไปด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Elements) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) และการวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organizational Principles) โดยมีวิธีการประเมินที่หลากหลาย ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ได้รวบรวมและนำเสนอเป็น 4 ประเด็น คือ (1) ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดเกี่ยวกับการคิด (2) ความหมายของการวิเคราะห์ (3) องค์ประกอบของการวิเคราะห์ และ(4) แนวทางการการวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งแต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดเกี่ยวกับการคิด

นักคิด นักจิตวิทยา ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคิด ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่สำคัญๆ ในเรื่องนี้มีดังนี้

Lewin นักทฤษฎีกลุ่มเกสต์ตัลท์ (Gestalt) เชื่อว่า ความคิดของบุคคลเกิดจากการรับรู้สิ่งเร้าซึ่งบุคคลมักรับรู้ในลักษณะภาพรวมหรือส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อย ต่อมา Bloom ได้จำแนกการรู้ออกเป็น 5 ขั้น ได้แก่ การรู้ขั้นความรู้ การรู้ขั้นเข้าใจ การรู้ขั้นวิเคราะห์ การรู้ขั้นสังเคราะห์ และการรู้ขั้นประเมิน อีกทั้ง Ausubel ได้อธิบายว่า การเรียนรู้อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นได้ หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งมาก่อน ดังนั้น การให้กรอบความคิดแก่ผู้เรียนก่อนการสอนเนื้อหา ส่วน Piaget ได้อธิบายพัฒนาการทางสติปัญญาว่าเป็นผลเนื่องมาจากการปะทะสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม โดยบุคคลพยายามปรับตัวโดยใช้กระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับให้เหมาะ ต่อมา Bruner กล่าวว่า เด็กเริ่มต้นเรียนรู้จากการกระทำ ต่อไปจึงจะสามารถใช้จินตนาการ สร้างภาพความคิดขึ้นเองได้ แล้วจึงถึงขั้นการคิดและเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม อีกทั้ง Gagne ได้อธิบายว่าผลการเรียนรู้ของมนุษย์มี 5 ประเภทได้แก่ 1) ทักษะทางปัญญา ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อย คือ การจำแนกแยกแยะ การสร้างความคิดรวบยอด การสร้างกฎ และการสร้างกระบวนการหรือกฎขั้นสูง 2) กลวิธีในการเรียนรู้ 3) ภาษา 4)ทักษะการเคลื่อนไหว 5) เจตคติ ต่อมา Gilford ได้อธิบายว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วย 3 มิติ คือ 1) ด้านเนื้อหา หมายถึงข้อมูลที่ใช้เป็นสื่อก่อให้เกิดความคิด ซึ่งมีหลายรูปแบบ อาจเป็นภาพ เสียง สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม 2) มิติด้านปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการต่างๆ ที่บุคคลใช้ในการคิด ซึ่งได้แก่ การรับรู้และเข้าใจ การจำ การคิดแบบเอกนัย การคิดแบบเอกนัย และการประเมินค่า 3) มิติด้านผลผลิต หมายถึง ผลของการคิด ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นหน่วย เป็นกลุ่มหรือพวกของสิ่งต่างๆ เป็นความสัมพันธ์ เป็นระบบ เป็นการแปลงรูป และการประยุกต์ความสามารถการคิดของบุคคล เป็นผลจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหาและด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกัน ส่วน Klausmier ได้อธิบายกระบวนการคิดโดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลว่า การคิดมีลักษณะเหมือนการทำงานของคอมพิวเตอร์ คือมีการนำข้อมูลเข้าไป (Input) ผ่านตัวปฏิบัติการ (Processer) แล้วจึงส่งผลออกมา (Output) กระบวนการคิดของมนุษย์มีการรับข้อมูล มีการจัดกระทำและแปลงข้อมูลที่รับมา มีการเก็บรักษาข้อมูล และมีการ

นำข้อมูลมาใช้อย่างเหมาะสม กระบวนการเดขึ้นในสมองไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถศึกษาได้จากการอ้างอิง หรือการคาดคะเนกระบวนการนั้น (ทิศนา แขมมณี, 2540: 46-49)

3.2 ความหมายของการวิเคราะห์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ (Analyzing) ดังนี้

Bloom (1972, p. 205) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ไว้ว่า “การวิเคราะห์เป็นการแยกออกของการสื่อสารสู่ส่วนประกอบย่อย ซึ่งทำให้ลำดับของความคิดมีความสัมพันธ์กันชัดเจน หรือทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดที่แสดงออกมานั้นละเอียด ซึ่งการวิเคราะห์นี้ทำให้การสื่อสารมีความชัดเจน” ต่อมา Quellmalz (1985, p. 31) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ในด้านวิทยาศาสตร์ว่า “การวิเคราะห์ เป็นการระบุองค์ประกอบของกระบวนการและลักษณะของวัตถุทั้งที่เคลื่อนไหวและไม่เคลื่อนไหว” ส่วน Anderson et al. (2001: 68) ได้ให้คำจำกัดความของวิเคราะห์เพิ่มเติมว่า “การวิเคราะห์เป็นการแยกสิ่งต่างๆออกเป็นส่วนย่อย และระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ความสัมพันธ์ของส่วนย่อยกับสิ่งอื่นๆ และโครงสร้างทั้งหมดหรือจุดหมาย” ส่วน ศรินธร วิทยะสิรินันท์ (2544, p. 131) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ไว้ว่า “การวิเคราะห์เป็น ทักษะการคิดขั้นสูง หรือทักษะการคิดที่ซับซ้อน (Higher order or more complexed thinking skills) ซึ่งหมายถึง ทักษะการคิดที่มีขั้นตอนหลายชั้นและต้องอาศัยทักษะการสื่อความหมายและทักษะการคิดที่เป็นแกนหลายๆ ทักษะในแต่ละขั้น ทักษะการคิดขั้นสูงจึงจะพัฒนาได้เมื่อเด็กพัฒนาทักษะการคิดพื้นฐานจนมีความชำนาญพอสมควรแล้ว ทักษะการคิดขั้นสูงที่สำคัญๆ คือ การสรุปความ การให้คำจำกัดความ การวิเคราะห์ การผสมผสานข้อมูล” Krawthwohl (2002, p. 215) ได้ให้คำจำกัดความของการวิเคราะห์ว่า “การวิเคราะห์ คือ การแยกข้อมูลออกเป็นส่วนประกอบย่อย และการตรวจสอบวิธีการที่แต่ละส่วนนั้นสัมพันธ์กับส่วนอื่น และสัมพันธ์กับโครงสร้างทั้งหมดหรือจุดมุ่งหมาย” ส่วน Ong and Borich (2006, p. 15) กล่าวถึงการวิเคราะห์ไว้ว่า “การวิเคราะห์เป็นการแยกสิ่งที่มีอยู่ทั้งหมดสู่ส่วนย่อยอย่างมีความหมาย การเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ” Marzano และ Kendall (2008: 6, 17) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ว่า “การวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับการขยายความรู้ด้วยเหตุผล เป็นความคิดขั้นสูง โดยระบุความแตกต่างของลักษณะที่สำคัญและไม่สำคัญซึ่งเป็นกระบวนการทำความเข้าใจและเกี่ยงข้อกับการสร้างสารสนเทศใหม่ด้วยตนเอง” ส่วน ชวาล แพรัตกุล (2552: 171) ได้กล่าวถึงความหมายของการวิเคราะห์ว่า “การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ใดๆ ให้กระจายออกมาเป็นส่วนย่อยๆ” อีกทั้งราชบัณฑิตยสถาน (2555: 27) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ว่า “การวิเคราะห์ หมายถึง การคิดจำแนกและหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อก่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น” และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555: 109-114) ได้ระบุการวิเคราะห์เป็นหนึ่งในองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดระดับสูง

จากความหมายของการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยและระบุความสัมพันธ์ ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในสิ่งนั้น

3.3 องค์ประกอบของการวิเคราะห์

Bloom (1972: 144-148) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการวิเคราะห์ว่า เป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความสามารถทางพุทธิปัญญา จึงถูกระบุไว้ในรายละเอียดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ในการกำหนดวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของ Bloom (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) โดยมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประเภท ดังนี้

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Elements) ประกอบด้วย

1.1) ความสามารถในการรู้ประเด็นที่ไม่ได้กล่าวถึง

1.2) ทักษะในการจำแนกความจริงจากสมมติฐาน

1.3) ความสามารถในการจำแนกข้อเท็จจริง จากข้อความโดยทั่วไป

1.4) ทักษะในการบ่งชี้และแบ่งแยก ระหว่างพฤติกรรมด้วยการเปรียบเทียบแต่ละบุคคลจากกลุ่ม

1.5) ความสามารถในการจำแนกข้อสรุปจากข้อความสนับสนุน

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships)

2.1) ทักษะในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความคิดในบทความ

2.2) ความสามารถในการรู้ถึงลักษณะเฉพาะที่สัมพันธ์กับการมีเหตุผลในการตัดสินใจ

2.3) ความสามารถในการรู้ความจริงหรือประเด็นซึ่งจำเป็นต่อข้อสรุปที่สำคัญ หรือข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปนั้น

2.4) ความสามารถในการตรวจสอบความสอดคล้องของสมมติฐานกับการได้รับข้อมูลและประเด็น

2.5) ความสามารถในการจำแนกความสัมพันธ์ของเหตุและผลจากความสัมพันธ์แบบตามลำดับอื่นๆ

2.6) ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อความในการโต้แย้ง เพื่อจำแนกข้อความที่สอดคล้องออกจากข้อความที่ไม่สอดคล้องกัน

2.7) ความสามารถในการพบความผิดปกติของการโต้แย้ง

2.8) ความสามารถในการรู้ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ความสำคัญและความไม่สำคัญของรายละเอียดในบทความ

3) การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organizational Principles)

3.1) ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและวิธีการสร้างไปสู่หน่วยย่อยและการรวบรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2) ความสามารถในการรู้ถึงรูปแบบการเขียน หรือศิลปะของงาน ซึ่งเป็นวิธีการทำความเข้าใจในความหมาย

3.3) ความสามารถในการลงความเห็นในจุดมุ่งหมายของผู้เขียน ความคิดเห็น และความรู้สึกที่สะท้อนออกมาในผลงานของผู้เขียน

3.4) ความสามารถในการลงความเห็นในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เขียน ปรัชญา ประวัติศาสตร์ หรือ มโนทัศน์ในการทำงานของผู้เขียน

3.5) ความสามารถในการมองเห็นการใช้เทคนิคโฆษณาชวนเชื่อ การเผยแพร่

3.6) ความสามารถในการระลึกถึงมุมมองหรือจุดที่เป็นอคติของผู้เขียน

ศรินธร วิทยะสิรินันท์ (2544: 133) ได้จำแนกการวิเคราะห์เป็น 6 ทักษะย่อย ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบหรือเรียบเรียงให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจ
2. การกำหนดมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์โดย
   2.1 อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมและ/หรือ
   2.2 อาศัยการค้นพบลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมของกลุ่มข้อมูลบางกลุ่ม
3. การกำหนดหมวดหมู่ในมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์
4. การแจกแจงข้อมูลที่มีอยู่ลงในแต่ละหมวดหมู่ โดยคำนึงถึงความเป็นตัวอย่าง เหตุการณ์ การเป็นสมาชิก หรือสัมพันธ์โดยเกี่ยวข้องโดยตรง
5. การนำลำดับข้อมูลที่แจกแจงเสร็จแล้วในแต่ละหมวดหมู่มาจัดลำดับ เรียงลำดับ หรือจัดระบบให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจ
6.การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างแต่ละหมวดหมู่ ในแง่ของความมาก-น้อย ความสอดคล้อง-ความขัดแย้ง ผลทางบวก-ผลทางลบ ความเป็นเหตุ-เป็นผล ลำดับความต่อเนื่อง

Mayer (2002:230) ได้จำแนกกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ที่เป็นองค์ประกอบของการวิเคราะห์เป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การจำแนก (Differentiating) การจำแนกนี้ เกิดขึ้นเมื่อ นักเรียนแยกแยะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันและไม่สัมพันธ์กัน และจำแนกข้อมูลที่มีความสำคัญและไม่มีความสำคัญได้
2. การจัดการ (Organizing) เกี่ยวข้องกับการระบุวิธีที่จะทำให้องค์ประกอบนั้นเหมาะสมหรือมีหน้าที่ที่เหมาะสมในโครงสร้าง
3. การระบุลักษณะ (Attributing) เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถระบุความคิดเห็น อคติ ค่านิยม หรือเจตนาในการนำเสนอ

Marzano and Kendall (2008: 5) ได้จำแนกองค์ประกอบของการวิเคราะห์เป็น 5 ประเภทซึ่งมีความสัมพันธ์กับสารสนเทศ กระบวนการทางจิต (Mental Procedure) และกระบวนการด้านทักษะ (Psychomotor Procedure) ดังนี้

1. การจับคู่ (Matching) เป็นการระบุความคล้ายคลึงและแตกต่างกันที่ความสำคัญ
2. การจำแนก (Classifying) เป็นการจำแนกและระบุลำดับของข้อมูล
3. การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Analyzing Errors) เป็นการระบุข้อผิดพลาดในการนำเสนอ

4. การลงความเห็น (Generalizing) เป็นการสร้างข้อคิดเห็นหรือหลักการใหม่
5. การระบุรายละเอียด (Specifying) เป็นการระบุลำดับตรรกะของข้อมูล

3.4 แนวทางการวัดความสามารถในการวิเคราะห์

การวัดความสามารถในการคิดมีเป้าหมายการวัดที่เน้นกระบวนการคิดมากกว่าการวัดความรู้ในเนื้อหาวิชา เน้นเนื้อหาทั่วไปที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน เครื่องมือวัดความสามารถในการคิดนี้มีรูปแบบคล้ายเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่แตกต่างกันที่จุดมุ่งหมายของการวัด (สสวท., 2555: 110-111) จากการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการคิดและการวิเคราะห์ พบว่ามีการใช้เครื่องมือในการวัดความสามารถในการวิเคราะห์หลายรูปแบบ ซึ่งจะนำเสนอใน 3 ประเด็น ดังนี้

3.4.1 รูปแบบของแบบวัด

1) ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากหลายตัวเลือก ข้อสอบประกอบด้วยสถานการณ์ และให้ผู้สอบประเมินสถานการณ์แล้วค้นหาข้อมูลที่ต้องการ โดยทั่วไปมี 3 ลักษณะ

1.1) ข้อสอบแบบเลือกตอบคำถามเดี่ยว เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย สถานการณ์ คำถาม 1 คำถาม และตัวเลือกที่มีคำตอบถูกเพียงตัวเลือกเดียว (สสวท., 2555: 111)

1.2) ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกต้องหลายตัวเลือก ต้องตอบให้ครบทุกตัวเลือกจึงจะได้คะแนนเต็ม (สสวท., 2552: 23)

1.3) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะมีลักษณะเช่นเดียวกับคำถามเดี่ยว แต่คำตอบถูกอาจมีมากกว่า 1 คำตอบ และส่วนที่ 2 จะเป็นคำถามที่ต่อเนื่องกับการเลือกคำตอบจากคำถามข้อแรก โดยเป็นการให้เหตุผลของการเลือกคำตอบในส่วนแรก (สสวท., 2555: 111)

2) ข้อสอบแบบเขียนตอบ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบแสดงคำตอบด้วยการเขียนตอบ โดยใช้ความสามารถของผู้สอบจากการทำความเข้าใจในสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเขียนคำตอบที่แสดงถึงการแปลความหมาย การลงข้อสรุป การตัดสินใจ และการแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ (สสวท., 2555: 111)

3.4.2 ลักษณะสถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดการวิเคราะห์

ชวาล แพรัตกุล (2552: 171) ได้กล่าวถึงลักษณะข้อความที่ใช้ในแบบวัดการวิเคราะห์ว่า ควรใช้ข้อความนอกบทเรียนที่เหมาะสมมาใช้ โดยอาจตัดทอนมาจากบทความทางวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา หรือจากปัญหาข้อโต้แย้ง ตลอดจนใช้ภาพและตารางตัวเลข ข้อมูลต่างๆ มาใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สสวท. (2555: 111) ได้กล่าวถึง ลักษณะสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อสอบ ว่ามีลักษณะเป็นข้อความที่กำหนดเงื่อนไข แผนภาพ รูปภาพ ตารางข้อมูล เหตุการณ์ ข้อความหรือข้อโต้แย้งจากข่าว หนังสือพิมพ์ รายงานการวิจัย ข้อค้นพบ พฤติกรรมของบุคคล

สสวท. (2552: 1-2) ได้กล่าวถึงข้อความหรือสถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดความรู้และทักษะการอ่าน ซึ่งประกอบไปด้วยสมรรถนะ การค้นสาระ การตีความ และการวิเคราะห์ ในการประเมินผลนานาชาติ PISA ด้านการรู้เรื่องจากการอ่าน ว่ามีลักษณะเป็น

1) ข้อความแบบต่อเนื่อง แบบต่างๆ เช่น การบอก การพรรณนา การโต้แย้ง

2) ข้อเขียนที่ไม่ใช่ข้อความต่อเนื่อง เช่น การอ่านรายการ ตาราง แบบฟอร์ม กราฟ และแผนผัง

ทั้งนี้ เป็นสิ่งที่นักเรียนได้พบเห็นในโรงเรียน ชีวิตประจำวัน และจะต้องใช้ในชีวิตจริงเมื่อโตเป็นผู้ใหญ่

3.4.3 ลักษณะคำถามที่ใช้ในแบบวัดการวิเคราะห์

ชวาล แพรัตกุล (2552: 171) ได้กล่าวถึงคำถามด้านการวิเคราะห์ว่า คำถามด้านการวิเคราะห์มีความมุ่งหมายที่จะฝึกและวัดว่า นักเรียนสามารถแยกเรื่องราว หรือแยกเหตุการณ์ ผลลัพธ์ ผลรวม ของปรากฏการณ์ใดๆ ที่ประจักษ์อยู่นี้ ว่าเกิดจาก หรือประกอบด้วยส่วนย่อยๆ อะไรบ้าง โดยคำถามมุ่งให้นักเรียนมองทะลุไปถึงธาตุแท้ หรือต้นกำเนิดของเนื้อเรื่อง

สสวท. (2555: 113) ได้กล่าวถึง ลักษณะคำถามของข้อสอบวัดการวิเคราะห์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคิดแก้ปัญหาว่ามีลักษณะ ดังนี้

1) ให้พิจารณาว่า ข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอ หรือต้องมีข้อมูลอื่นเพิ่มเติม จึงจะสามารถหาคำตอบได้

2) ให้พยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้

3) ให้เลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด หรือสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่

ส่วนลักษณะคำถามของข้อสอบวัดการวิเคราะห์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์

สสวท. (2555: 114) ได้กล่าวว่า คำถามจะมีลักษณะ ดังนี้

1) ให้ระบุองค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นต่อการลงข้อสรุป

2) ให้ระบุหลักการหรือจุดมุ่งหมายของข้อความที่กำหนด

3) ให้ระบุประเด็นหรือปัญหา องค์ประกอบต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละส่วน

4) ให้แสดงเหตุผลที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับข้อความที่กำหนดให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของมโนทัศน์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

Mcdonald (1967: 162) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ คือ การจำแนกประเภทของสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะเฉพาะร่วมกัน ซึ่งมโนทัศน์ไม่ใช่สิ่งเร้าและไม่ใช่ประสบการณ์ของสิ่งเร้าด้วยตัวมันเองแต่เป็นการจำแนกประเภทของสิ่งเร้า เหตุการณ์ หรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ต่อมา Morse and Wingo (1969: 241) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์คือ นามธรรมที่ถูกสร้างขึ้นโดยการทำให้เป็นลักษณะโดยทั่วไปจากหลากหลายประสบการณ์ของสิ่งหรือเหตุการณ์เฉพาะ อีกทั้ง Good (1973: 124) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ ดังนี้ 1) ความคิดหรือตัวแทนความคิดของลักษณะร่วมซึ่งจำแนกเป็นกลุ่มหรือพวกได้ 2) ความคิดโดยทั่วไปหรือตัวแทนความคิดเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ 3) ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ และ Woolfolk (2004: 276) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์คือประเภทโดยทั่วไปของความคิด วัตถุ คน หรือประสบการณ์ของ สมาชิกซึ่งมีลักษณะร่วมกัน ส่วนนักการศึกษาในประเทศไทยได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้ สุวัฒน์ นิยมค้า (2532: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์คือ แนวคิดหลักที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจิตภาพที่เกิดขึ้นในใจเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญต่อสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน และ ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่ามโนทัศน์คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้นๆ

จากความหมายของมโนทัศน์ตามที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ อาจสรุปได้ว่า มโนทัศน์คือ ความคิดโดยสรุปต่อสิ่งใดๆ ซึ่งได้จากการสังเกต และนำมาจำแนกประเภทลักษณะเฉพาะร่วมของสิ่งนั้นๆ

4.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Klopfer (1971) อ้างถึงใน พิศาล สร้อยธุหร่ำ (2525: 10) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนทัศน์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ ต่อมา Carin (1993:7)ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโน

ทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คือ การจัดการทางความคิดเกี่ยวกับโลก ซึ่งมีวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และ Jacobson and Bergman (1991: 120- 130) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเขาเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่เขาสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจนี้ไปยังประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายวิชาหรือสถานการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดหลักของวิทยาศาสตร์ และถือว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบของสติปัญญาจากประสบการณ์หนึ่งไปยังอีกประสบการณ์หนึ่ง

ดังที่นักการศึกษาได้กล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่า มโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่ได้จากการนำข้อเท็จจริงมาประมวลอย่างมีเหตุผล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ

4.3 องค์ประกอบของมโนทัศน์

Bruner, Goodnow and Austin (1956 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ 2537: 4-6) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ประการ คือ 1) ชื่อ (Name) 2) คำนิยาม (Definition) 3) คุณลักษณะ (Attribute) 4) คุณค่า (Values) และ5) ตัวอย่าง (Examples) ส่วนประกอบเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อที่จะเข้าใจมโนทัศน์ได้ดีขึ้น มีดังนี้คือ

1) การตั้งชื่อหรือการมีชื่อเรียกมโนทัศน์เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ จะช่วยให้ทราบว่าผู้เรียนกำลังศึกษาเรื่องอะไร และทำให้ระลึกถึงสิ่งที่ตนได้ศึกษาไปแล้ว

2) คำนิยามของมโนทัศน์ เป็นข้อความที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่จำเป็นหรือคุณลักษณะที่รวมกันเป็นมโนทัศน์นั้น คำนิยามประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญและกฎเกณฑ์ในการรวมหรือใช้คุณลักษณะเหล่านั้น บรูเนอร์ ได้จัดประเภทคำนิยามของมโนทัศน์เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1 มโนทัศน์ที่ใช้คำเชื่อมในทางเดียวกัน (Conjunctive concepts) เป็นการรวมคุณลักษณะและคุณค่าเข้าด้วยกัน คำนิยามแบบนี้จะบอกถึงลักษณะที่นำมารวมกันเป็นมโนทัศน์ เช่น คุณลักษณะของน้ำหนักและปริมาตรนำมาพิจารณาร่วมกันเพื่อรวมเป็นมโนทัศน์ของสสาร ถ้าให้คำนิยามของสสารว่าเป็นสิ่งที่มีน้ำหนัก และต้องการที่อยู่ ซึ่งในตัวอย่างนี้มีการใช้คำสันธาน “และ” ระหว่างคุณลักษณะ 2 อย่างคือ น้ำหนักและปริมาตร

2.2 มโนทัศน์ที่ใช้คำเชื่อมในทางตรงกันข้ามกัน (Disjunctive concepts) เป็นการรวมคุณลักษณะโดยใช้คำเชื่อมเป็น หรือ คำนิยามแบบนี้เป็นการรวมกันของคุณลักษณะเพื่อให้เกิดเป็นมโนทัศน์

2.3 มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Relational concepts) เป็นการระบุความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่สำคัญ เช่น สารละลายกรดเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) มากกว่า ไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ขอให้บันทึกว่า มโนทัศน์ของกรดไม่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนและไฮดรอกซิลอิออน หรือไม่ขึ้นกับปริมาตรของสารละลายอย่างเดียว แต่จะขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนและไฮดรอกซิลอิออน

3. คุณลักษณะ เป็นลักษณะที่ใช้ในการให้คำนิยามของมโนทัศน์ และเป็นลักษณะที่แตกต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์ คุณลักษณะเป็นลักษณะทั่วไปของมโนทัศน์ ลักษณะทั่วไปนี้จะเปลี่ยนแปรไปตามคุณภาพหรือปริมาณ ซึ่งจะเป็นตัวแทนของคุณค่า

4. คุณค่า เป็นคุณภาพหรือปริมาณที่จะทำให้ลักษณะของมโนทัศน์แปรเปลี่ยนไป มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะ เช่น มโนทัศน์ของปลาและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยปกติแล้วจะมีข้อแตกต่างกันโดยลักษณะของสิ่งที่ปกปิดร่างกายและเครื่องช่วยหายใจ ปลามีเกร็ดและเหงือก ส่วนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีเส้นขนและปอด

5. ตัวอย่าง ในการสอนเพื่อให้เข้าใจมโนทัศน์ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างที่ดีและตัวอย่างที่ไม่ดีเป็นตัวอย่างประกอบ เช่น ในการสอนมโนทัศน์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ควรมีการยกตัวอย่างสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมตั้งแต่ปลาวาฬจนถึงมนุษย์ เพื่อให้เข้าใจถึงคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ต่อมน้ำนม การเลี้ยงดูตัวอ่อน และเข้าใจคุณลักษณะที่ไม่สำคัญ ได้แก่ การอาศัยอยู่ในน้ำ อาศัยอยู่บนพื้นดิน ควรยกตัวอย่างสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น นก ไก่ ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจมโนมติได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

พวงเพ็ญ อินทรประวัติ ,2532 อ้างถึงในพันธ์ ทองชุมนุม(2547:199) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบหลัก 5 อย่าง ดังต่อไปนี้

1. ชื่อ (Name) เป็นคำหรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่มหรือหมวดหมู่ของประสบการณ์ โดยใช้ลักษณะร่วมในการจำแนก ตัวอย่างชื่อมโนทัศน์ ได้แก่ ผลไม้ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นต้น จะเห็นได้ว่าสิ่งที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันอาจจะแตกต่างกันในรายละเอียด เช่น ผลไม้ บ่อยครั้งที่ผู้เรียนเข้าใจมโนทัศน์โดยไม่รู้จักชื่อมโนทัศน์ นักเรียนอาจจะจัดกลุ่มของผลไม้ให้อยู่ในประเภทเดียวกัน โดยมีเหตุผลว่าสิ่ง

เหล่านี้สามารถรับประทานได้ ซึ่งลักษณะเฉพาะดังกล่าวอธิบายมโนทัศน์แทนที่จะระบุชื่อมโนทัศน์ อย่างไรก็ตาม ถ้ารู้มโนทัศน์แล้วก็ไม่เป็นการยากที่จะเรียนรู้ชื่อมโนทัศน์

2. ตัวอย่างมโนทัศน์ (Examples) หมายถึง ส่วนของการรู้มโนทัศน์ (Knowing Concept) คือการระบุตัวอย่างมโนทัศน์ได้อย่างถูกต้อง และยกสิ่งที่ใกล้เคียงที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ได้

3. คุณลักษณะเฉพาะ (Attributes) หมายถึง คุณลักษณะเฉพาะลักษณะที่เราใช้เป็นลักษณะร่วมหรือเกณฑ์ในการจัดสิ่งต่างๆ ให้เป็นหมวดหมู่เดียวกัน แต่ต้องระวังอย่าใช้ลักษณะที่ไม่สำคัญเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา มโนทัศน์ส่วนมากมีลักษณะบางอย่างที่มักเกี่ยวข้องด้วยแต่ไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ คนจะเรียนรู้มโนทัศน์ระดับใดได้ขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญา

4. คุณค่าของลักษณะเฉพาะ (Attributes Values) ในการจำแนกสิ่งต่างๆโดยใช้ลักษณะเฉพาะนั้น เราพบว่าลักษณะบางอย่างมีคุณค่าหลายระดับ ฉะนั้นจึงต้องพิจารณาระดับของคุณค่าของลักษณะเฉพาะในการจัดหมวดหมู่ด้วย เช่น เราจัดคลอรีนเป็นสารพิษแต่เราใส่คลอรีนลงในน้ำประปาในระดับหรือปริมาณที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้น น้ำประปาจึงไม่ใช่ตัวอย่างของน้ำที่มีสารพิษ เพราะไม่มีสารพิษที่มากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ถ้าน้ำมีคลอรีนระดับมากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ น้ำประปาดังกล่าวถือว่าเป็นสารพิษ นอกจากนี้มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสูง ความเตี้ย ความอ้วน ความเป็นมิตร ล้วนเป็นมโนทัศน์ที่ใช้ระดับของลักษณะเฉพาะเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ซึ่ง Bruner เรียกว่า ระดับ (Degree) ความมากน้อยของของมโนทัศน์ลักษณะเฉพาะ

5. กฎเกณฑ์หรือคำจำกัดความ (Rule) เป็นการใช้นิยามหรือข้อความที่เป็นรูปลักษณะที่สำคัญหรือจำเป็นของมโนทัศน์ เช่น นิยามของรูปสามเหลี่ยม คือ รูปที่มีด้านสามด้าน เป็นต้น การให้นิยามของมโนทัศน์มักปรากฏในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการเกิดมโนทัศน์ จึงกล่าวได้ว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์นั้น หมายความว่าผู้เรียนสามารถระบุองค์ประกอบทั้งหมดในมโนทัศน์ได้

Chulalongkorn University

นาตยา ปิลันธนานนท์(2542: 14) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ว่าจะมีพฤติกรรม ดังนี้

1. สามารถบอก ระบุ เรียกชื่อ มโนทัศน์นั้นได้
2. สามารถคัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ของมโนทัศน์นั้นได้
3. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้
4. สามารถอธิบาย สรุปความหมายของความคิดรวบยอดนั้น จากความรู้ ความเข้าใจของตน และด้วยภาษาคำพูดของตนเอง

4.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีข้อมูลและแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จำนวนมาก จึงได้รวบรวมข้อมูลและนำเสนอเป็น 2 ประเด็น คือ 1) กลยุทธ์การประเมินมโนทัศน์ และ2) เครื่องมือวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีสาระ ดังนี้

4.4.1 กลยุทธ์การประเมินมโนทัศน์

Nitko (2004: 202-205) ได้เสนอกลยุทธ์การประเมินการเรียนรู้ ได้แก่ 1) มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete Concept) 2) ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก (Concept Understanding at a Deeper Level) และ 3) กลยุทธ์การประเมินมโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (Defined Concept) ดังนี้

1) มโนทัศน์เชิงรูปธรรม มีแนวทางการวัด 3 แนวทาง คือ

1.1) ให้นักเรียนบอกมโนทัศน์หลังจากดูตัวอย่างโดยให้ตัวอย่างเป็นรูปภาพ
1.2) แยกตัวอย่างออกจากสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง โดยให้ตัวอย่างเป็นภาพ
1.3) สร้างตัวอย่างใหม่จากมโนทัศน์ที่กำหนดให้โดยการวาดภาพ

2) ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก มีแนวทางการวัด ดังนี้

นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจเชิงลึก เมื่อเขาสามารถ 1) ใช้มโนทัศน์เพื่อแก้ปัญหา 2) บอกความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับมโนทัศน์ มโนทัศน์กับกฎ และหลักการทั่วไปที่นักเรียนได้เรียนรู้ 3) ใช้มโนทัศน์เพื่อเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยกลยุทธ์ที่ใช้คือการให้งานภารกิจ (Performance Task) ซึ่งหมายถึงการทำงานหรือแสดงบทบาทอย่างสร้างสรรค์ตามหน้าที่ คำสั่ง ข้อตกลง หรือตามสภาพบังคับของเหตุการณ์แวดล้อม เช่น 1) การซักถาม 2) การอภิปราย 3) การแสดงความคิดเห็น 4) การค้นหาตัวอย่าง งานภารกิจ เช่น ให้นักเรียนวาดภาพตามสถานการณ์ที่กำหนด การประเมินผลงานภารกิจนั้นจำเป็นต้องใช้เกณฑ์การประเมินผล (Scoring Rubrics)

3) มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (Defined Concept) มีแนวทางการวัด 4 กลยุทธ์ ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยประเมินการเรียนรู้มโนทัศน์เชิงนามธรรมหรือมโนทัศน์เชิงคำอธิบายของนักเรียน โดย Jenkins และ Deno (1971) อ้างถึงใน Nitko (2004: 205) ได้เสนอแนวทางการประเมินมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1) ให้นักเรียนเขียนคำอธิบายมโนทัศน์
2) ให้นักเรียนยกตัวอย่างใหม่ของมโนทัศน์
3) ให้นักเรียนจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์
4) ให้นักเรียนวิเคราะห์คำอธิบายมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

4.4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการวินิจฉัย ตรวจสอบ และวัดความเข้าใจมโนทัศน์ พบว่ามีเครื่องมือที่ใช้ในการวัด 4 รูปแบบ ดังนี้

1) ข้อสอบแบบเลือกตอบ ได้แก่
   1.1) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถามเดี่ยว
   1.2) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น
   1.3) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 3 ชั้น
2) ข้อสอบแบบถูกหรือผิด
3) ข้อสอบแบบจับคู่
4) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

1) ข้อสอบแบบเลือกตอบ

จากการศึกษาข้อสอบแบบเลือกตอบที่ใช้ในการวัดมโนทัศน์ ประกอบด้วย 1.1 ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถามเดี่ยว 1.2 ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น 1.3 ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 3 ชั้น

1.1) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถามเดี่ยว

(1) ข้อสอบ ด้านมโนทัศน์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใน National Assessment of Educational Progress (NAEP) ปี 1990

(2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง ธรรมชาติของอนุภาคของสสารThe Particulate Nature of Matter Assessment (ParNoMA)

(3) แบบทดสอบมโนทัศน์พื้นฐานวิชาเคมี (Chemistry Concept Inventory) โดย Mulford และ Robinson (2002) ได้พัฒนาแบบทดสอบมโนทัศน์พื้นฐานวิชาเคมี เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบจำนวน 22 ข้อ เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนระดับวิทยาลัย ในหัวข้อพื้นฐานวิชาเคมี คือ สถานะของสาร ความหนาแน่น สารและสารผสม กฎทรงมวล ชนิดของปฏิกิริยาโมล ปฏิกิริยาเคมี สารละลาย การสะเทิน และ พีเอช ในข้อคำถามบางข้อได้ใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ประเภท คือ สัญลักษณ์ ตัวแทนความคิดระดับมหภาคและระดับอนุภาคของในแต่ละหัวข้อ ทำให้สามารถวัดความสามารถในการทำความเข้าใจระหว่างระดับของตัวแทนความคิดของนักเรียนได้

1.2) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

Tamir (1971) อ้างถึงใน Treagust (2006: 3) ได้เสนอการใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบที่เพิ่มเติมส่วนของการให้เหตุผล ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ทราบถึงมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน และเพื่อให้นักเรียนได้ตัดสินใจเลือกตัวเลือกด้วยเหตุผล ลักษณะ 3 ประการ ที่จะพัฒนาข้อสอบวัดมโนทัศน์ คือ 1) เนื้อหาถูกกำหนดโดยการระบุข้อความรู้ของหัวข้อที่สอน 2) ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียนจะ

ได้จากงานวิจัยหรือการสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้เรียนเรื่องนั้นมาแล้ว 3) การพัฒนาข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

ส่วนประกอบของข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น คือ 1) คำถามเกี่ยวกับเนื้อหาซึ่งมี 2-4 ตัวเลือก 2) มักจะประกอบด้วยเหตุผล 4 ข้อ ที่เป็นไปได้สำหรับการให้เหตุผลในส่วนแรก ซึ่งเหตุผลนั้นระบุมโนทัศน์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวนั้นอาจมาจากคำตอบของนักเรียนในการตอบคำถามปลายเปิดจากการสัมภาษณ์และการศึกษาเอกสาร ในการพิจารณาคำตอบของข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้นนี้ นักเรียนจะได้ตอบถูกต้องเมื่อนักเรียนเลือกถูกต้องทั้งตัวเลือกและเหตุผลที่ให้ (Treagust 2006: 3)

1.3) ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 3 ชั้น

ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 3 ชั้น ประกอบด้วย 1) ชั้นเนื้อหา (Content Tier) ซึ่งวัดความรู้เชิงเนื้อหา 2) ชั้นเหตุผล (Reason Tier) เป็นการวัดความรู้เชิงอธิบาย 3) ชั้นความมั่นใจ (Confidence Tier) วัดระดับความมั่นใจในการตอบ

2) ข้อสอบแบบถูกหรือผิด

Enger และ Yaker (2001: 152) ได้ยกตัวอย่างการวัดมโนทัศน์แบบถูกหรือผิด เพื่อใช้วัดมโนทัศน์เรื่อง อุณหภูมิ

3) ข้อสอบแบบจับคู่

Sanger (2000) ได้ทดสอบมโนทัศน์เรื่อง สารบริสุทธิ์และสารเนื้อผสม ของนักเรียนระดับวิทยาลัย ในวิชาเคมี โดยใช้ข้อสอบแบบจับคู่

4) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

Enger และ Yaker (2001: 93) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของคำถามปลายเปิดว่า เมื่อนักเรียนตอบคำถามปลายเปิด โดยการแก้ปัญหา การอธิบาย และการแสดงความคิด การตอบนั้นจะเปิดเผยความคิด และมโนทัศน์ของนักเรียน ซึ่งคล้ายกับการสัมภาษณ์ปากเปล่ารายบุคคล คำตอบของนักเรียนซึ่งเป็นคำนิยามที่ไม่ถูกต้องนั้น อาจแสดงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ คำถามปลายเปิดนั้นอาจให้นักเรียนเขียนอธิบายหรือวาดภาพ

สสวท (2555: 45) กล่าวถึงข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายว่า ข้อสอบรูปแบบนี้ต้องการให้ผู้เรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ การเขียนตอบแบบอธิบายมี 3 แบบ การอธิบายในลักษณะความเรียง การอธิบายโดยใช้แผนภาพความคิดหรือมโนทัศน์ และการอธิบายโดยใช้ผังแนวคิดรูปตัววี ข้อสอบประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นลักษณะคำถามปลายเปิด สถานการณ์และคำถามที่ดีต้องสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ การคิดระดับสูง การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การเปรียบเทียบ การอธิบายวิธีการและขั้นตอน การลงข้อสรุปและการให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพที่ตนเองมีอยู่ออกมาให้ได้มากที่สุด

Shepardson (2001: 199) กล่าวถึงคำถามปลายเปิดว่า คำถามปลายเปิดนั้นมีความเหมาะสมในการวินิจฉัยมากกว่าแบบเลือกตอบ เนื่องจากนักเรียนมีโอกาสแสดงแนวทางที่ชัดเจนและบ่งชี้ระดับของมโนทัศน์ อีกทั้งการวินิจฉัยนั้นจะทำให้รู้ระดับความเข้าใจของนักเรียน และทำให้รู้ถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

จากการศึกษาข้อสอบแบบอธิบายที่ใช้ในการวัดมโนทัศน์ พบว่ามี 2 รูปแบบดังนี้ ประกอบด้วย 4.1) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพ และ4.2) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและการเขียนบรรยาย

4.1) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพ

การวาดภาพสามารถตรวจสอบความเข้าใจวิทยาศาสตร์และใช้ค้นหาความคิดของนักเรียนสำหรับมโนทัศน์เชิงนามธรรมได้ สำหรับนักเรียนที่ไม่ชอบตอบคำถามโดยการเขียนเรียงความอธิบาย การวาดภาพเป็นแนวทางหนึ่งที่นักเรียนสามารถทำได้ รวดเร็วและสนุกสนาน (Kose, 2008: 283)

Kose (2008: 284) ได้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช ของนักเรียนในระดับมหาวิทยาลัยด้วยข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Enger และ Yaker (2001: 152) ได้ยกตัวอย่างแบบวัดแบบอธิบายโดยวาดภาพมโนทัศน์เรื่องวงจรไฟฟ้า

4.2) ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย

Stains และ Sevian (2010) ได้สร้าง The Structure and Motion of Matter (SAMM) Survey ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยาย เพื่อใช้ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง โครงสร้างและการเคลื่อนที่ของสสาร Stains, Escriu-Sune, Molina Alvarez, and Sevian (2011) ได้กล่าวถึงลักษณะของ SAMM Survey ดังนี้

1) เป็นปลายเปิด

2) ดีสำหรับครู เนื่องจากกระชับ และเกี่ยวข้องมโนทัศน์เป้าหมายการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมและวิทยาลัย

3) นักเรียนในระดับชั้นม.2ถึงระดับวิทยาลัยที่มีภูมิหลังทางวัฒนธรรมและภาษาต่างๆ สามารถเข้าใจได้

4) ถูกต้องและเชื่อถือได้

5) มีหลักฐานที่ชัดเจนของรูปแบบความคิดของนักเรียนเรื่อง การแพร่

6) ช่วยให้นักเรียนระบุสมมติฐานในมโนทัศน์ต่อไปนี้

6.1) โครงสร้างของตัวถูกละลายที่เป็นแก๊ส (น้ำหอม)

6.2) โครงสร้างของตัวทำละลายที่เป็นแก๊ส (อากาศ);

6.3) การเกิดขึ้นของการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวละลาย (ทำไมโมเลกุลน้ำหอมจึงเคลื่อนที่)

6.4) เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวละลาย (โมเลกุลน้ำหอมเคลื่อนที่ได้อย่างไร)

7) กระตุ้นตัวแทนความคิดของความเข้ามโนทัศน์ของนักเรียนแบบทันทีมากกว่าการอธิบายที่เกิดจากการท่องจำของการเรียนรู้ที่มีมาก่อน ซึ่งอาจจะไม่เข้าใจ

Shepardson (2001) ได้พัฒนาและใช้ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยายเพื่อวินิจฉัยความเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง ธรณีวิทยา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Kern A. L., Wood N. B., Roehrig G. H., and Nyachwaya J. M. (2010) ได้สร้างเครื่องมือเพื่อสำรวจความสามารถในการใช้ตัวแทนความคิด เรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ระดับโมเลกุลผ่านการวาดภาพของนักเรียน โดยให้นักเรียนวาดภาพปฏิกิริยาการเผาไหม้ของมีเทน เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนทำให้รู้ถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใหม่ ซึ่งไม่เคยพบจากการศึกษางานวิจัยที่มีมาก่อน ซึ่งเป็นข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

จากการศึกษาเรื่อง แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าเครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย เนื่องจากนักเรียนสามารถแสดงความคิดของตนเองได้อย่างอิสระ ส่งผลให้สามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและมโนทัศน์ในระดับอนุภาคซึ่งเป็นพื้นฐานของเรื่องสารและสมบัติของสารได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tsui and Treagust (2004) ได้สำรวจการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียนระดับเกรด 10 และ 12 เมื่อเรียนรู้ด้วยการสอนโดยใช้ตัวแทนความคิดหลายที่หลากหลายในการเรียนรู้เรื่องพันธุศาสตร์ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ตัวแทนความคิดหลายที่หลากหลาย เกี่ยวกับมนุษย์และโมเลกุลทางพันธุกรรม ผลการวิจัยระบุว่า สามารถสนับสนุนกระบวนการทางปัญญา และการแก้ปัญหา เนื่องจากตัวแทนทางความคิดทำมโนทัศน์ที่ยากให้เข้าใจง่าย และสามารถเปลี่ยนมโนทัศน์นักเรียนผู้เข้ารับการทดลองได้และมีมโนทัศน์ที่คงทน

Adadan, Irving, and Trundle (2009) ซึ่งได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนด้วยตัวแทนความคิดที่หลากหลายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารของนักเรียนระดับระดับมัธยมปลาย โดยตัวแทนที่หลากหลายของการทดลองนี้คือ ตัวแทนความคิดด้านภาษา (Verbal Representations) ซึ่งประกอบไปด้วย การบรรยายเชิงภาษาของนักเรียน ผ่าน การเขียนและการพูด และ ตัวแทนความคิดด้านอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพวาดของนักเรียน ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว หรือสถานการณ์จำลอง ผลการทดลองพบว่าการสอนดังกล่าวสามารถยกระดับมโนทัศน์เรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารได้

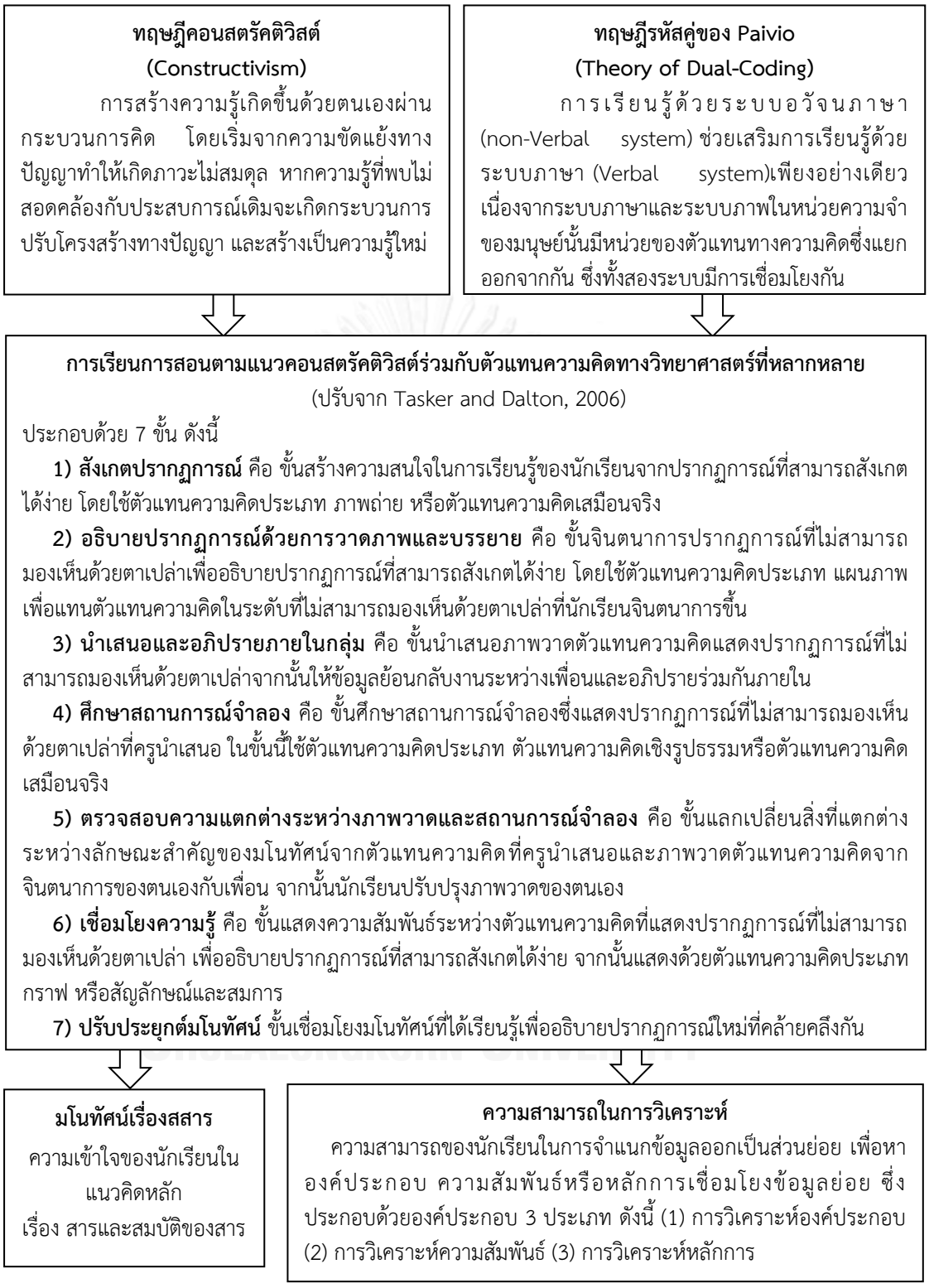
Prain, Tytler, and Peterson (2009) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้ซึ่งใช้วิธีการนำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น แผนภาพ การรายงานด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดอธิบายด้วยภาพ ในเรื่อง การระเหย ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยการสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่าหลังการเรียนรู้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์ดังกล่าวได้และครูสามารถเข้าใจความคิดของนักเรียนได้

Adadan, Irving, and Trundle (2010) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์เรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารของนักเรียนระดับเกรด 11 โดยการเรียนการสอนโดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายปลาย โดยตัวแทนที่หลากหลายของการทดลองนี้คือ ตัวแทนความคิดด้านภาษา (Verbal Representations) ซึ่งประกอบไปด้วย การบรรยายเชิงภาษาของนักเรียน ผ่าน การเขียนและการพูด และ ตัวแทนความคิดด้านอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพวาดของนักเรียน ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว หรือสถานการณ์จำลอง ผลการศึกษาระบุว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนโดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายสามารถพัฒนามโนทัศน์และมีความคงทนในการเรียนรู้

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และผลของการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวทีมีต่อมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ภาพที่ 3

ภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
กลุ่มควบคุม	O_1--------~X----------O_2

O_1	หมายถึง	การวัดความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลอง
X	หมายถึง	การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
~X	หมายถึง	การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป
O_2	หมายถึง	การวัดความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลอง และการวัดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารหลังการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนในจังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 (ฉะเชิงเทรา-สมุทรปราการ) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

การวิจัยครั้งนี้เลือกโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา เปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน มีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มากพอต่อการใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้อำนวยการและคณาจารย์ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ มีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 21101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 10 ห้อง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) พบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งห้องที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน แตกต่างจากห้องอื่น (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) จากนั้นทำการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ โดยใช้สถิติทดสอบ Dunnett T3 เพื่อคัดเลือกห้องเรียนที่นักเรียนมีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกัน พบว่ามีห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันจำนวน 19 คู่ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ)

รายละเอียดผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 10 ห้องเรียน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน

ห้อง	สรุปผลการวิเคราะห์รายคู่									
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
1/1	-	2.696	2.680	7.323*	7.375*	7.049*	7.130*	7.092*	2.051	10.564*
1/2	-	-	0.015	4.627	4.680*	4.353	4.435	9.787*	4.747	13.260*
1/3	-	-	-	4.642	4.695*	4.368	4.450	9.772*	4.732*	13.324*
1/4	-	-	-	-	0.053	0.274	0.192	4.414*	9.374*	17.887*
1/5	-	-	-	-	-	0.327	0.245	4.467*	9.428*	17.939*
1/6	-	-	-	-	-	-	0.082	4.141*	9.100*	17.613*
1/7	-	-	-	-	-	-	-	4.222*	9.182*	17.694*
1/8	-	-	-	-	-	-	-	-	5.040	3.742
1/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.513*

*ความแตกต่างของระดับคะแนนเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(2) กำหนดห้องเรียนคู่ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนคู่ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน เลือกห้องเรียน 1 คู่ จากทั้งหมด 19 คู่ คือ ห้อง ม. 1/1 และ ห้อง ม.1/9 เนื่องจากครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานให้ความอนุเคราะห์ในการทดลอง

(3) กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับสลาก ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม. 1/1 จำนวน 46 คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนห้อง ม. 1/9 จำนวน 44 คน เป็นกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

1.1 แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

1.2 แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1.1 แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แบบวัดประกอบด้วยสถานการณ์ และให้นักเรียนประเมินสถานการณ์แล้วค้นหาข้อมูลที่ต้องการ ใช้วัดความสามารถมารถในการคิดวิเคราะห์ที่มีองค์ประกอบ 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์นี้ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการวิเคราะห์

2. ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

3. กำหนดสัดส่วนจำนวนข้อสอบตามองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ 3 ประเภท ตามแนวการจำแนกวัตถุประสงค์การศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม Bloom (1972) ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ องค์ประกอบละ 8 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 24 ข้อ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์และพฤติกรรมบ่งชี้

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์	พฤติกรรมบ่งชี้	จำนวน (ข้อ)
การวิเคราะห์องค์ประกอบ	การแยกแยะความสำคัญของเรื่องราวและองค์ประกอบย่อยต่างๆ จากประเด็นที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง	8
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	การระบุความเหมือน ความแตกต่างและความสอดคล้องขององค์ประกอบ	8
การวิเคราะห์หลักการ	การค้นหาหลักแกนกลาง วิธีการทำความเข้าใจความหมาย โครงสร้าง หรือมุมมองที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กันจนข้อมูลสามารถดำรงสภาพนั้นอยู่ได้	8

4. ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ตามแนวการจำแนกวัตถุประสงค์การศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1972) ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์และพฤติกรรมบ่งชี้ โดยสร้างเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อคำถามประกอบด้วยสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ไม่ใช่เนื้อหาใช้ในการจัดการเรียนการสอน สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน

5. นำแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมด้านภาษาและความสอดคล้องของสถานการณ์กับประเภทของการวิเคราะห์ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

6. นำแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมบ่งชี้ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความเหมาะสมด้านภาษา จากนั้นการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวเลือกกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบวัดที่มีคุณภาพควรมีความสอดคล้อง มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดในภาคผนวก ง) และปรับปรุงแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประเด็นในการแก้ไขปรับปรุงและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับข้อคำถามวัดองค์ประกอบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในข้อ 8 ให้ตรงตามพฤติกรรมบ่งชี้มากขึ้นมากขึ้น คือ ปรับจาก ไอน้ำเกิดจากอะไร เป็น เมื่อต้องการให้ไอน้ำเกิดมากขึ้นควรเพิ่มวัตถุดิบใด

2) ควรปรับสถานการณ์ที่ใช้ในการตอบคำถามข้อ 4-6 ให้กระชับมากขึ้น

7. นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนห้อง ม. 1/5 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 50 คน นำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด ตรวจสอบความเที่ยงโดยใช้สูตรที่ 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน เนื่องจากแบบวัดเป็นแบบตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0 ซึ่งความยากของแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงกันมาก และวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาระดับความยากและอำนาจการจำแนก ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่า แบบวัดมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.62 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32-0.60

8. นำแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังการทดลอง

1.2 แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย โดยวัดมโนทัศน์เรื่อง สารรอบตัว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วยเนื้อหา 4 หัวข้อเรื่อง คือ สถานะของสาร ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร การถ่ายโอนความร้อน และการจัดกลุ่มสารตามขนาดของอนุภาค แบบวัดมโนทัศน์นี้ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร จากนั้นเลือกวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร เป็นแบบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย ตามแนวคิดของ Stains และ Sevian (2010) Shepardson (2001) และ Kern et al., (2010)

3. วิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และจำนวนข้อสอบที่ต้องการวัด จากนั้นสร้างแบบวัดมโนทัศน์ให้สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่วิเคราะห์ได้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์สาระและมโนทัศน์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร

สาระ	มโนทัศน์	จำนวน (ข้อ)
สถานะของสาร	แก๊ส (Gas) ของเหลว (Liquid) ของแข็ง (Solid)	3
อุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ	ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร	1
ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนสถานะ	การกลายเป็นไอ (Vaporization) จุดเดือด (boiling point) การแข็งตัว (Freezing) จุดเยือกแข็ง (Freezing point) การหลอมเหลว (Melting) การควบแน่น (Condensation)	6
การแผ่รังสีความร้อน	การแผ่รังสีความร้อน (Heat radiation)	1
การนำความร้อน	การนำความร้อน (Heat Conduction)	1
การพาความร้อน	การพาความร้อน (Heat Convection)	1
การจัดกลุ่มสารตามลักษณะเนื้อสารและขนาดของอนุภาค	สารแขวนลอย (Suspension) คอลลอยด์ (Colloid) สารละลาย (Solution)	3
	รวม	16

4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยให้ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่วาดภาพและไม่เขียนตอบ หรือวาดภาพและเขียนตอบไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน เมื่อนักเรียนวาดภาพถูกต้องเพียงอย่างเดียว หรือเขียนตอบถูกต้องเพียงอย่างเดียว ให้ 2 คะแนน เมื่อนักเรียนวาดภาพและเขียนตอบได้ถูกต้อง

5. นำแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมด้านภาษา และความครอบคลุมมโนทัศน์ที่ต้องการวัด แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

6. นำแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความถูกต้องเหมาะสมของภาษา จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวเลือกกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบวัดที่มีคุณภาพควรมีความสอดคล้อง มากกว่าหรือ

เท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดในภาคผนวก ง) และปรับปรุงแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประเด็นในการแก้ไขปรับปรุงและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 16 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวเลือกกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด มากกว่า 0.5 ทุกข้อ

2) ด้านภาษา ควรปรับภาษาให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น “มีฟองเกิดขึ้น” ควรปรับเป็น “เกิดฟองแก๊สขึ้น” “นำเทอร์มอมิเตอร์มาวัดอุณหภูมิ” ควรปรับเป็น “นำเทอร์มอมิเตอร์มาจุ่มในน้ำเพื่อวัดอุณหภูมิ” เป็นต้น

3) ด้านภาพประกอบควรปรับภาพประกอบข้อคำถามให้เหมาะสม เช่น ในข้อคำถามที่มีภาพแมวน้ำขึ้นมาผึ่งแดดบนโขดหิด ควรปรับเป็นสัตว์ชนิดอื่น เพราะอาจทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านชีววิทยา เนื่องจากแมวน้ำไม่ชอบผึ่งแดด เป็นต้น

4) ด้านความเหมาะสมของข้อคำถาม ควรปรับคำถามบางข้อให้วัดมโนทัศน์ได้ตรงมากขึ้น เช่น คำถามเรื่องจุดเดือดที่ถามว่าอุณหภูมิของน้ำเดือดเมื่อเร่งแก๊สและเมื่อลดความแรงของแก๊สมีขาดเท่ากันหรือไม่ ควรปรับเป็นถามอุณหภูมิของน้ำเดือดเมื่อต้มน้ำด้วยเตาต่างชนิดและต่างสถานที่กัน เป็นต้น

5) ด้านเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด ควรปรับเวลาให้เพิ่มมากขึ้นจาก 50 นาทีเป็น 100 นาที

6. นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างและเคยเรียนเรื่องสารรอบตัวมาก่อน คือ นักเรียนห้องม. 2/1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 43 คน นำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด ตรวจสอบความเที่ยงโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α- Coefficient) ของครอนบาค และวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาระดับความยากและอำนาจการจำแนก ผลการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30-0.73

7. แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสารไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติ หลังการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารและสมบัติของสาร ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนการรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับกลุ่มทดลอง และ2) แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไป สำหรับกลุ่มควบคุม แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ มีจำนวนแผน จำนวนคาบเรียน และครอบคลุมสาระการเรียนรู้เท่ากัน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นนี้ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์และการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษาและวิเคราะห์สาระวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง สารและสมบัติของสาร โดยเป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งได้เป็น 8 แผน จำนวน 18 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนคาบและสาระตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	สาระ	จำนวนคาบ
1	สถานะของสาร	2
2	อุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ	2
3	ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนสถานะ	3
4	การพาความร้อน	2
5	การนำความร้อน	2
6	การแผ่รังสี	2
7	การตรวจสอบขนาดของอนุภาคสาร	3
8	การจัดกลุ่มสารตามลักษณะเนื้อสารและขนาดของอนุภาค	2
	รวม	18

4. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไปจากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ว่าสามารถส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ ตรวจสอบความถูกต้องของสาระ ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน สรุปได้ดังนี้

5.1 ด้านภาษา

1) ควรใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องตามพจนานุกรมวิทยาศาสตร์ เช่น “สั่นตรึง” ปรับเป็น “สั่นสะเทือน”

2) ควรปรับคำชี้แจงให้เป็นคำที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น “ตัวแทนความคิด” ปรับเป็น “อนุภาคของสาร”

3) ควรปรับประโยคให้สื่อความหมายชัดเจนมากขึ้น เช่น “แม้ไม่ได้นำมาที่จมูก” ปรับเป็น “แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูก”

5.2 ด้านมาตรฐานและตัวชี้วัด

ควรเพิ่มมาตรฐาน ว 8.1

5.3 ด้านวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ควรเพิ่มจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและลักษณะอันพึงประสงค์

5.4 ด้านกระบวนการการจัดการเรียนรู้

1) ลำดับคำถามที่ใช้ในกิจกรรมควรต่อเนื่องและควรใช้คำถามเชื่อมโยงในแต่ละขั้นของกิจกรรม

2) ควรพูดสรุปและพูดเชื่อมโยงเมื่อขึ้นกิจกรรมใหม่ทุกครั้ง

3) ควรเพิ่มเติมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจินตนาการปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ากับนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

4.1.1 สำหรับกลุ่มทดลอง แนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายให้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเข้าใจ ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) ลักษณะของตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย 2) บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอน และ3) วิธีการปฏิบัติตัวในการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน

4.1.2 สำหรับกลุ่มควบคุม แนะนำรายวิชา และชี้แจงจุดประสงค์การเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะเป็นการเรียนการสอนแบบทั่วไป

4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับกลุ่มทดลอง และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไปกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการสอนทั้งสองกลุ่มใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากัน คือ จำนวน 8 แผน จำนวนทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 50 นาที

4.3 ขั้นเก็บรวมรวมข้อมูล

4.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ในสัปดาห์ก่อนทดลอง เพื่อหาค่าคะแนนเฉลี่ยความความสามารถในการวิเคราะห์นำมาใช้เปรียบเทียบกับคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์หลังทดลอง

4.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง หลังจากดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยทดสอบหลังการเรียนกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร โดยใช้เวลา 100 นาที และแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ โดยใช้เวลา 50 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 20 ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร

1) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการวิเคราะห์

1) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บคะแนนมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และดำเนินการเก็บข้อมูลหลังการทดลองของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ปรากฏผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสารของกลุ่มทดลอง (n = 46) และกลุ่มควบคุม (n = 44)

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	t-test
กลุ่มทดลอง	24.02	2.90	75.08	10.73*
กลุ่มควบคุม	17.93	2.47	56.04	

*p<.05

จากตารางที่ 9 พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์

สำหรับคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และดำเนินการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ผลการวิเคราะห์นำเสนอใน 3 ประเด็น ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง

3) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

1) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ ก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที ความสามารถในการวิเคราะห์ แบ่งออกเป็นองค์ประกอบ 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ การนำเสนอประกอบด้วยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ในภาพรวม และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์จำแนกตามองค์ประกอบย่อย ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 46) และกลุ่มควบคุม (n = 44)

รายการ	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t-test
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	
ความสามารถในการวิเคราะห์	**10.30**	**3.23**	**42.93**	**10.05**	**2.36**	**41.86**	**0.44**
แบ่งเป็น							
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ	3.70	1.17	46.20	3.57	0.97	44.60	0.56
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3.54	1.76	44.29	3.61	1.10	45.17	0.23
3. การวิเคราะห์หลักการ	3.07	1.42	38.32	2.86	1.13	35.80	0.74

*p<.05

จากตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถ

ในการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที พบว่าก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ทุกประเภทต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบสูงที่สุดและคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลักการต่ำที่สุด เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที พบว่า ก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง

สำหรับความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที การนำเสนอประกอบด้วยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ในภาพรวม และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์จำแนกตามองค์ประกอบย่อย ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 46)

รายการ	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลอง			t-test
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
ความสามารถในการวิเคราะห์	**10.30**	**3.23**	**42.93**	**13.72**	**2.86**	**57.16**	**9.07***
แบ่งเป็น							
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ	3.70	1.17	46.20	4.78	1.26	59.78	7.66*
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3.54	1.76	44.29	4.70	1.31	58.70	6.56*
3. การวิเคราะห์หลักการ	3.07	1.42	38.32	4.24	1.14	52.99	7.10*

*p<.05

จากตารางที่ 9 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังทดลองสูงกว่าร้อยละ 50 และสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ทุกประเภทสูงกว่าร้อยละ 50 โดยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบสูงที่สุด คือ ร้อยละ 59.78 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลักการต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 52.99 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละ

องค์ประกอบมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองทั้งความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถในการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม หลังการทดลองด้วยสถิติทดสอบที การนำเสนอประกอบด้วยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ในภาพรวม และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์จำแนกตามองค์ประกอบย่อย ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 46) กับกลุ่มควบคุม (n = 44)

รายการ	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t-test
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
ความสามารถในการวิเคราะห์	**13.72**	**2.86**	**57.16**	**9.07**	**3.19**	**37.78**	**7.26***
แบ่งเป็น							
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ	4.78	1.26	59.78	3.34	1.31	41.76	5.31*
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	4.70	1.31	58.70	2.91	1.44	36.36	6.13*
3. การวิเคราะห์หลักการ	4.24	1.14	52.99	2.82	1.50	35.23	5.04*

*p<.05

จากตารางที่ 10 พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษามโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (2) เปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป (3) เปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (4) เพื่อเปรียบ เทียบความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ความหลากหลายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีทั่วไป ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน 18 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังทดลอง และใช้แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร เฉพาะหลังทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ และมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร ของกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร หลังเรียนร้อยละ 75.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสูงกว่ากับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียน และ2) ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียน ดังนี้

1. ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสามารถพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนได้ ทั้งนี้สามารถอภิปรายได้ใน 2 ประเด็น คือ

1) นักเรียนได้เรียนรู้บทเรียนผ่านตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถสังเกตได้ง่ายหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ในเรื่องอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร นักเรียนได้เรียนรู้การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อได้รับความร้อนจากภาพการทดลองซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำเมื่อได้รับความร้อน เรียนรู้การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคของสารจากภาพวาดและสถานการณ์จำลอง

แอนิเมชันซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของน้ำเมื่อได้รับความร้อน และได้สรุปเชื่อมโยงความรู้ด้วยแผนภาพการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารเมื่อได้รับความร้อน การเรียนรู้ผ่านตัวแทนความคิดที่หลากหลายดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในมโนทัศน์ เข้าใจในมโนทัศน์ได้ง่าย และช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยความเข้าใจ ดังแนวคิดของ Ainsworth (1999) ที่กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความสนใจ และทำให้เข้าใจมโนทัศน์ได้ง่าย เนื่องจากตัวแทนความคิดที่หลากหลายช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้จากมุมมองที่หลากหลาย สามารถแทนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น และช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tsui and Treagust (2004) ที่พบว่า การเรียนรู้ด้วยตัวแทนความคิดที่หลากหลายจะสามารถทำให้นักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์ได้ เนื่องจากตัวแทนความคิดที่หลากหลายจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนพึงพอใจและปรับโครงสร้างทางปัญญาให้สมดุล เนื่องจากมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมบูรณ์ และสอดคล้องกับ Prain, Tytler, and Peterson (2009) ที่พบว่า การเรียนรู้ด้วยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายจะช่วยกระตุ้นความสนใจในมโนทัศน์ของนักเรียน ทำให้ความเข้าใจของนักเรียนชัดเจนจากการสำรวจตัวแทนความคิดรูปแบบต่างๆ อีกทั้งนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นอวัจนภาษา เช่น ภาพการทดลอง ภาพวาดสถานการณ์จำลอง เป็นต้น ร่วมกับการเรียนรู้เนื้อหาซึ่งเป็นวัจนภาษา เช่น คำอธิบาย ข้อความมโนทัศน์ เป็นต้น จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างอวัจนภาษาและวัจนภาษาจะสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ ในหน่วยความจำของมนุษย์ ดังที่ Paivio (1986 อ้างถึงใน Clark and Paivio, 1991) กล่าวว่า การเรียนรู้ด้วยระบบอวัจนภาษา (non-Verbal system) ช่วยเสริมการเรียนรู้ด้วยระบบภาษา (Verbal system)เพียงอย่างเดียว เนื่องจากระบบภาษาและระบบภาพในหน่วยความจำของมนุษย์นั้นมีหน่วยของตัวแทนทางความคิดซึ่งแยกออกจากกัน ซึ่งทั้งสองระบบมีการเชื่อมโยงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Adadan, Irving, and Trundle (2009,2010) ซึ่งพบว่า การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ ทั้งความรู้ที่เป็นวัจนภาษาและอวัจนภาษา และการเชื่อมโยงที่เหมาะสมระหว่างภาษาและตัวแทนความคิด จะเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนามโนทัศน์ได้

2) นักเรียนได้แสดงมโนทัศน์ที่มีอยู่ด้วยการวาดภาพตัวแทนความคิดของตนเอง จากนั้นนักเรียนได้วิเคราะห์มโนทัศน์ของตนเองโดยการอภิปรายร่วมกันในประเด็นเกี่ยวกับภาพวาดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ และครูนำเสนอมโนทัศน์ที่ถูกต้องและชัดเจนซึ่งช่วยให้นักเรียนได้วิเคราะห์และตรวจสอบภาพวาดของตนเองกับตัวแทนความคิดที่ครูนำเสนอ จากนั้นนักเรียนปรับปรุงภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เช่น ในการเรียนรู้เรื่อง สถานะของสาร นักเรียนแสดงความรู้ที่มีอยู่ด้วยการวาดภาพการจัดเรียงตัวของอนุภาคของสาร เปรียบเทียบภาพวาด

ของตนเองกับภาพวาดของเพื่อนและสถานการณ์จำลองที่ครูนำเสนอ แล้วพิจารณาว่าภาพวาดของตนเองนั้น สามารถอธิบายสมบัติของสารแต่ละสถานะได้หรือไม่ และลักษณะใดที่สามารถอธิบายได้ จากนั้นสรุปเป็นองค์ความรู้ สอดคล้องกับ Cooperstein and Weidinger (2003) ที่ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ว่า การเรียนรู้ใหม่สร้างจากความรู้ที่มีอยู่ โดยนักเรียนต้องมีการสำรวจข้อมูล และเลือกยอมรับหรือไม่ยอมรับข้อมูลหรือความเชื่อเพื่อที่จะพัฒนา และจะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายผ่านภาระงานเชิงประจักษ์

2) ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ3) การวิเคราะห์หลักการ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ทุกประเภทหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1) นักเรียนได้วิเคราะห์ภาพวาดของตนเอง ภาพวาดของเพื่อน ตัวแทนความคิดที่ครูนำเสนอ และจำแนกลักษณะสำคัญที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ เช่น นักเรียนวาดภาพการจัดเรียงตัวของอนุภาคเพื่ออธิบายสมบัติของสารที่นักเรียนสังเกตได้ จากนั้นเปรียบเทียบกับภาพวาดของเพื่อนและสถานการณ์จำลองจากแอนิเมชันที่ครูนำเสนอ และระบุว่าลักษณะใดที่ใช้อธิบายสมบัติของ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ สอดคล้องกับ Bloom (1972) ที่กล่าวว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบว่า คือ ความสามารถในการรู้ประเด็นที่ไม่ได้กล่าวถึง ทักษะในการจำแนกความจริงจากสมมติฐาน ความสามารถในการจำแนกข้อเท็จจริง ทักษะในการบ่งชี้และแบ่งแยก และความสามารถในการจำแนกข้อสรุปจากข้อความสนับสนุน

2) นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่ายด้วยปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ และแสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ด้วยตัวแทนความคิดประเภทกราฟ สัญลักษณ์และสมการ หรือชุดข้อมูล เช่น นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย เพื่ออธิบายลักษณะเนื้อสาร และแสดงความสัมพันธ์ของขนาดและประเภทของสารด้วยสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Bloom (1972) ที่ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ว่าประกอบด้วย ทักษะในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความคิด การรู้ถึงลักษณะเฉพาะที่สัมพันธ์กับการมีเหตุผลในการตัดสินใจ การรู้ความจริงหรือประเด็นซึ่งจำเป็นต่อข้อสรุปที่สำคัญ การตรวจสอบความสอดคล้องของสมมติฐานกับการได้รับข้อมูลและประเด็น การจำแนกความสัมพันธ์ของเหตุและผลจากความสัมพันธ์ จำแนกข้อความที่สอดคล้องออกจากข้อความที่ไม่สอดคล้องกัน การพบความผิดปกติของการโต้แย้ง และการรู้ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ความสำคัญและความไม่สำคัญของรายละเอียดในสถานการณ์

3) นักเรียนได้ สรุปและเชื่อมโยงความรู้สู่ปรากฏการณ์ใหม่ เช่น ในการเรียนรู้เรื่องสถานะของสาร เมื่อนักเรียนสรุปองค์ความรู้แล้ว ครูให้นักเรียนอธิบายว่า ขณะที่นักเรียนนั่งอยู่ในห้องเรียนในเวลาใกล้พักกลางวัน เหตุใดนักเรียนจึงได้กลิ่นอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bloom (1972) ที่ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์หลักการว่าประกอบด้วย ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและวิธีการสร้างไปสู่หน่วยย่อย การรู้ถึงรูปแบบการเขียน หรือการ ทำความเข้าใจในความหมาย การลงความเห็นในจุดมุ่งหมายของผู้นำเสนอ การลงความเห็นในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การมองเห็นการใช้เทคนิคในการเผยแพร่ และการระลึกถึงมุมมองหรือจุดที่เป็นอคติของผู้นำเสนอ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการวิเคราะห์พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลักการน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนได้ฝึกฝนการค้นหาหลักการ สรุปและเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ใหม่ในขั้นปรับประยุกต์มโนทัศน์เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าการฝึกการวิเคราะห์องค์ประกอบประเภทอื่น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียนและความสามารถในการวิเคราะห์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอน

ครูที่สนใจนำการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรให้ความสำคัญกับการเลือกใช้ตัวแทนความคิด ซึ่งตัวแทนความคิดที่ใช้ควรมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ เช่น ในการใช้ตัวแทนความคิดแทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ควรเป็นภาพปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และการใช้ตัวแทนความคิดแทนปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคของสาร ควรเป็นภาพปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ควรเป็นตัวแทนความคิดเสมือนจริงที่สามารถเคลื่อนไหวได้ อีกทั้งเนื้อหาของตัวแทนความคิดควรมีความสอดคล้องกัน เช่น ในขั้นสังเกตปรากฏการณ์และขั้นศึกษาสถานการณ์จำลอง กล่าวคือ ตัวแทนความคิดขั้นตอนดังกล่าวควรสอดคล้องเป็นเหตุการณ์เดียวกันต่างกันเพียงระดับของตัวแทนความคิด เช่น ในขั้นตอนการสังเกตปรากฏการณ์ใช้การทดลองแสดงสมบัติของน้ำเมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุ ในขั้นศึกษาสถานการณ์จำลองควรใช้ตัวแทนความคิดที่แสดงสถานการณ์จำลองระดับอนุภาคของน้ำเมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย

2) ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย นักเรียนได้วาดภาพ เขียนบรรยาย และนำเสนอภาพวาดของตนเองเพื่ออธิบายสิ่งที่สังเกตได้ รวมทั้งให้ข้อมูลย้อนกลับงานของเพื่อน ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสื่อสารบ่อยครั้ง อีกทั้งในกระบวนการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้ร่วมกันพิจารณาปัญหาและตัดสินใจในประเด็นสำคัญต่างๆ ในขั้นอภิปรายภายในกลุ่ม ตลอดจนนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และมีการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มบ่อยครั้ง ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายเพื่อพัฒนาความสามารถด้านอื่นของนักเรียน เช่น ความสามารถในการสื่อสาร เจตคติต่อการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education, 31*(13), 1743–1775.

Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2010). Exploring Grade 11 students' Conceptual Pathways of the Particulate Nature of Matter in the Context of Multirepresentation Instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(8), 1004-1035.

Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education, 33*, 131-152.

Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representation. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198.

Barke, H., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Heidelberg: Springer.

Bloom, B. S. (1972). *Taxonomy of Education Objectives. Handbook I : Cognitive Domain* (7th ed.). New York: David Makay Company. Inc.

Boulter, C. J., & Buckley, B. C. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Model in Science Education* Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academy Press.

Bransford, J. D., & Donovan, M. S. (2005). *How Student Learn: Science in Classroom*. Washington DC: National Academy Press.

Carin, A. A. (1993). *Teaching Science Through Discovery* (7th ed.). New York: Macmillan Publishing.

Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psycology Review 3*(3), 149-210.

Cooperstein, S. E., & Weidinger, E. (2003). Beyond active learning: a constructivist approach to learning. *Reference Services Review, 32*(2), 141 - 148.

Cox, R. (1999). Representation Construction, externalized cognition and individual differences. *Learning and Instruction, 9*, 343-364.

Cuoco, A. A., & Curcio, F. R. (2001). *The roles of representation in school mathematics*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Disessa, A. A. (2004). Meta-representation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction, 22*(3), 293– 331.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Dunn, R., & Dunn, K. (1993). *Teaching secondary students through their individual learning styles: Practical approaches for grades 7–12*. Boston: Allyn & Bacon.

Enger, S. K., & Yager, R. E. (2001). *Assessing student understasnding in science*. CA: Corwin Press.

Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education, 32*, 124-158.

Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner & Nakhelh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3-24). Dordrecht: Springer.

Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Good, C. V. (1973) *Dictionary of Education* (3 ed.). New York: McGraw-Hill.

Hand, B., Yore, L., Jagger, S., & Prain, V. (2010). Connecting research in science literacy and classroom practice: A review of science teaching journals in Australia, the United Kingdom and the United States, 1998–2008. *Studies in Science Education 46*(1), 45-68.

Jacobson, W. J., & Bergman, A. B. (1991). *Science for Children A book for Teachers* (3 ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Jia, Q. (2010). A Brief Study on the Implication of Constructivism Teaching Theory on Classroom Teaching Reform in Basic Education. *International Education Studies, 3*(2), 197-199.

Kern A. L., Wood N. B., Roehrig G. H., & Nyachwaya J. M. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research Practice, 11*, 165-172.

Kolloffel, B. (2008). *Getting The Picture*. Netherlands: Netherlands Organisation for Scientific Research.

Kose, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal, 3*(2), 283-293.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction, 13*(2), 205-226.

Kozma, R., Chin , E., Russell. J., & Mark, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences, 9*(2), 105-143.

Krawthwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: an overview. *Theory into Practice, 40*(4), 212-218.

Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. M. (1990). Functions, graphs, and graphing: tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research, 60*, 1-64.

Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2008). *Design and Assessing educational Objectives: applying the new Taxonomy*. CA: Corwin Press.

Mayer, R. E. (2002). Rote Versus Meaningful Learning. *Theory into Practice, 40*(4), 226-232.

McDonald, F. J. (1967). *Educational Psychology* (2nd ed.). San Francisco: Wadsworth Publishing.

Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingryber, H. A. (2008). *Ready, Set, Science!: Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. Washington DC: The national Academics Press.

Morse, W. C., & Wingo, G. M. (1969). *Psychology and Teaching*. Chicago: Scott, Foresman.

Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students'. *Journal of chemical education, 79*(6), 739-744.

Nitko, A. J. (2004). *Educational Assessment of Students* (4th ed.). New Jersey: Pearson Education.

Ong, A. C., & Borich, G. (2006). *Teaching Strategies that Promote Thinking: Models and Curriculum Approaches*: McGraw-Hill Education (Asia).

Paivio, A. (1990). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.

Palmer, S. E. (1978). Fundamental Aspects of Cognitive Representation. In Rosch E. & Lloyd B. B. (Eds.), *Cognition and Catagorization* (pp. 259-303). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Pozzer, L. L., & Roth , W. M. (2003). Prevalence, Function, and Structure of Photographs in High School Biology Textbooks *Journal of Research in Science Teaching, 40*(10), 1089-1144.

Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in Learning About Evaporation. *International Journal of Science Education, 31*(6), 787-808.

Quellmalz, E. D. (1985). Needed: Better methods for testing higher-order thinking skills. *Educational Leadership 43*(2), 29-35.

Roth, W. M., & Bowen, G. M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic analysis. *Journal for Research in Mathematics Education, 32*, 159-194.

Sanger, M. J. (2000). Using Particulate Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures. *Journal of Chemical Education, 77*, 762-766.

Schnotz, W. (2002). Commentary - towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review, 14*(1), 101-120.

Shepardson, D. P. (2001). *Developing and Using and summative Assessment to Determine Students' Conceptual Understanding in Junior High School Earth Science Classroom*: Kluwer Academic Publishers Netherlands.

Smith, E. E., & Kosslyn, S. M. (2009). *Cognitive Psycology: mind and brain*. U.S.A.: Pearson International Edition.

Stains, M., Escriu-Sune, M., Molina Alvarez, M. L., & Sevian, H. (2011). Assessing Secondary and College Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter: Development and Validation of the Structure and Motion of Matter (SAMM) Survey. *Journal of Chemical Education, 88*(10), 1359–1365.

Stains, M., & Sevian, H. (2010). The Structure and Motion of Matter (SAMM) Survey (online). Retrieved 21 March 2013 from https://sites.google.com/site/sammsurvey/

Tabachneck-Schijf, H. J. M., Leonardo, A. M., & Simon H. A. (1997). CaMeRa: A computational model of multiple representations. *Cognitive science, 21*, 305-350.

Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into Practice: Visualisation of the molecular world using animation. *Chemistry Education Research and Practice, 7*(2), 141-159.

Treagust, D. F. (2008). The Role of Multiple Representations in Learning Science. In Lee Y. J. & Ten A. L. (Eds.), *Science Education at the Nexus of Theory and Practice*. Singapore: Sense Publisher.

Tytler, R., & Prain, V. (2010). A framework for re-thinking learning in science from recent cognitive science perspectives. *International Journal of Science Education, 32*(15), 2055-2078.

Uzuntiryaki, E. (2003). *Effectiveness of Constructivist Approach on Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts.* Phd Thesis. Middle East Technical University Secondary Science and Mathematics Education, Ankara.

Van M. P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology, 93*(1), 129-140.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In Gabel Dorothy (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.

Woolfolk, A. E. (2004). *Educational Psycology* (9th ed.). Boston: Pearson.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. (2552). สภาพปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: วี.ที.ซี.คอมมิวนิเคชัน.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. (2554). คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครู และนักเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมินตามโครงการวิจัยนานาชาติ (PISA และ TIMSS) (ออนไลน์). Retrieved 29 กุมภาพันธ์ 2555 จาก http://www.onec.go.th

จรรยา ดาสา, สุดจิต สงวนเรือง, สุนันท์ สังข์อ่อง, & นฤมล ยุตาคม. (2549). แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5. วิทยสารเกษตรศาสตร์(สังคมศาสตร์), *27*(2), 225-233.

ชนาธิป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิด: ทฤษฎีและการนำไปใช้ (1 ed.). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). เทคนิคการวัดผล (7 ed.). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, & วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2549). การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. วิทยาสารเกษตรศาสตร์(สังคมศาสตร์), *27*(1), 27-38.

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (2557). ระบบประกาศและรายงานผลสอบโอเน็ต (ออนไลน์). Retrieved 31 มีนาคม 2557 from http:// www. onetresult. niets. or.th /AnnouncementWeb/

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2537). หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์ ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ *1-4*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นาตยา ปิลันธนานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด *Concept learning*. กรุงเทพมหานคร: เม็ค.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, & นฤมล ยุตาคม. (2548). แนวคิดเรื่องสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยสารเกษตรศาสตร์ (สังคมศาสตร์), *26*(1), 146-154.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, & พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2534). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่: โรงพิมพ์เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555) ศัพท์ศึกษาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

ศรินธร วิทยะสิรินันท์. (2544). ทักษะการคิด. In ทิศนา แขมมณี (Ed.), วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศรินธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี, & พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัยเกี่ยวกับการคิดจากประเทศซีกโลกตะวันตก. In ท. แขมมณี (Ed.), วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ออนไลน์). Retrieved 29 กุมภาพันธ์ 2555 จาก http://www.curriculum51.net/

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2552). ตัวอย่างการประเมินผลนานาชาติ *PISA:* การอ่าน. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดเอ็ดยูเคชั่น.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2556). ผลการประเมิน *PISA 2012* คณิต การอ่าน และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: แอดวานซ์ พรินติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). จิตวิทยาการศึกษา (1 ed.). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2532). การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
2. อาจารย์พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์พิเศษสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์	อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร ทองสอน	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ นาคะปรีชา	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
3. อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

2. แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร

(ตัวอย่าง)

คำชี้แจง

1. แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสารฉบับนี้เป็นแบบข้อสอบเขียนตอบแบบอธิบายโดยวาดภาพและเขียนบรรยาย จำนวน 16 ข้อ แบบวัดมีทั้งหมด 10 หน้า เวลาที่ใช้ในการสอบ 100 นาที

2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้นเรียน และเลขที่ ในทุกหน้าของแบบวัดมโนทัศน์

3. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์และคำถามให้เข้าใจ จากนั้นวาดภาพและเขียนอธิบายตามที่โจทย์กำหนด

4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ให้ผู้คุมสอบเมื่อครบเวลาที่กำหนด

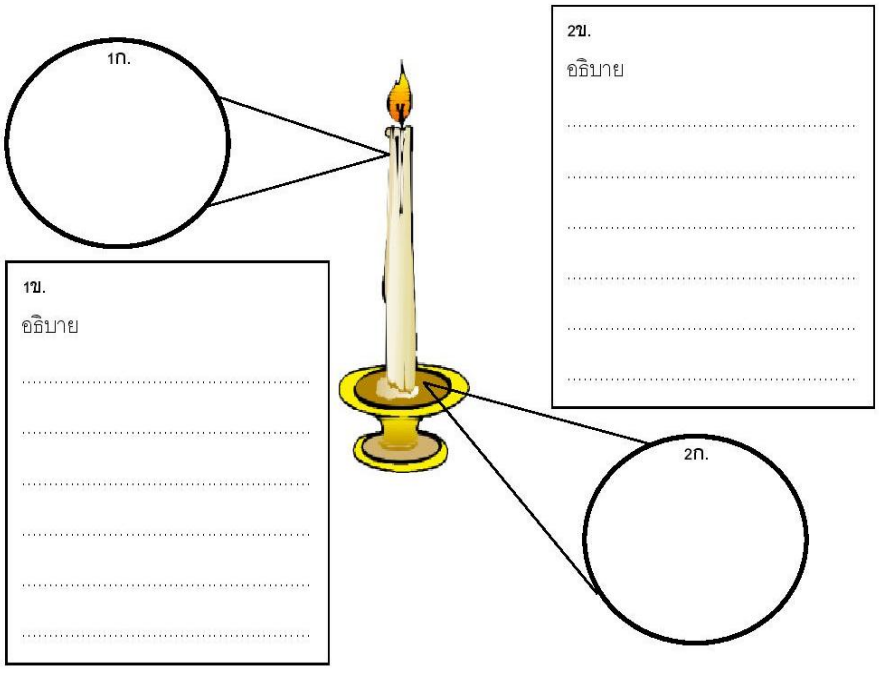
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทียนบูชาพระ

ณ วัดโสธรวรารามวรวิหาร เด็กหญิงราวรรณมาทำบุญกับพี่ชาย ขณะที่กำลังกราบพระพุทธรูปอยู่นั้น ราวรรณได้สังเกตเห็นเทียนบูชาพระที่กำลังให้แสงสว่างมีน้ำตาเทียนไหลลงเชิงเทียน จึงสงสัยและถามพี่ชายว่า “เหตุใดเทียนจึงมีลักษณะแข็งและตั้งตรงอยู่ได้และเหตุใดน้ำตาเทียนจึงไหลได้และมีรูปร่างตามเชิงเทียน” ถ้านักเรียนเป็นพี่ชายของราวรรณ นักเรียนจะอธิบายให้ราวรรณเข้าใจว่าอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายโดยตอบคำถามคำถามข้อ 1 และ 2 (ให้นักเรียนอธิบายในประเด็นการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาค)

คำถามข้อ 1 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของเทียนลงในที่ว่าง 1ก. และเขียนอธิบายการที่เทียนมีลักษณะแข็งและตั้งตรงอยู่ได้ลงในที่ว่าง1ข.

คำถามข้อ 2 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของน้ำตาเทียนลงในที่ว่าง 2ก. และเขียนอธิบายการที่น้ำตาเทียนไหลได้และมีรูปร่างตามเชิงเทียนลงในที่ว่าง 2ข.



กลิ่นแกงเหลือง

ขณะที่คุณแม่กำลังทำอาหารเย็นอยู่ในห้องครัว เด็กหญิงสุทธินีกลับมาถึงบ้านพอดี สุทธินีกล่าวกับพี่สาวที่นั่งอยู่ที่หน้าบ้านว่า “วันนี้คุณแม่ทำแกงเหลืองแน่ๆ น้องได้กลิ่น” สุทธินีสงสัยจึงถามพี่สาวว่า “เหตุใดเราจึงได้กลิ่นอาหาร แม้ว่าเรานั้นจะอยู่ไกลจากห้องครัว” ถ้านักเรียนเป็นพี่สาวของสุทธินีนักเรียนจะอธิบายให้สุทธินีเข้าใจว่าอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายโดยตอบคำถามข้อ 3

(ให้นักเรียนอธิบายในประเด็นการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาค)

คำถามข้อ 3 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของกลิ่นอาหารลงในที่ว่าง 3ก. และเขียนอธิบายการที่เราได้กลิ่นอาหาร แม้ว่าเรานั้นจะอยู่ไกลจากห้องครัวลงในที่ว่าง 3ข.

3ก.

จมูกของสุทธินี

คุณแม่กำลังทำอาหารอยู่ในห้องครัว

3ข.

อธิบาย

.....

.....

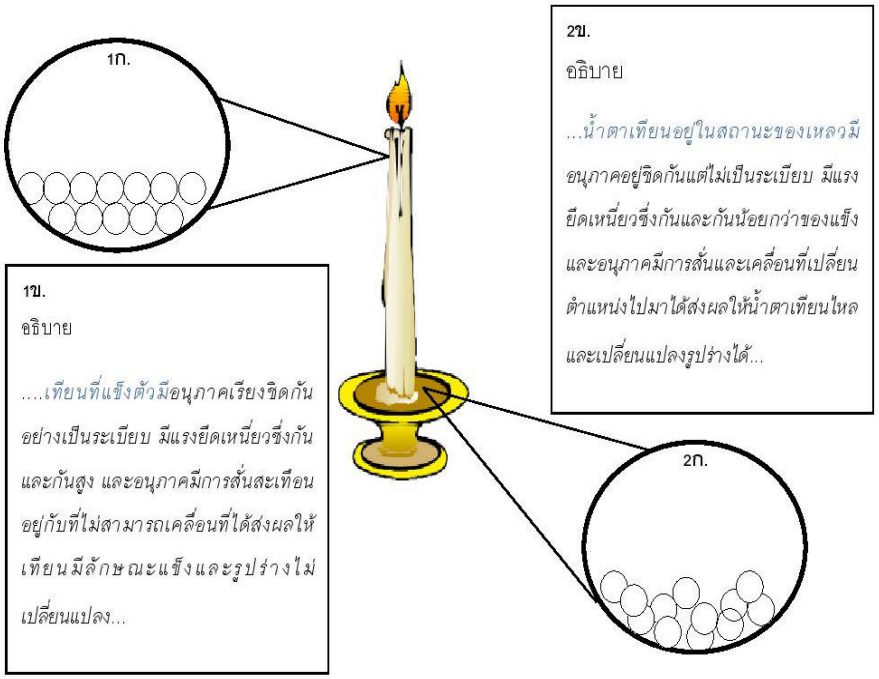
.....

เฉลย เทียนบูชาพระ

ณ วัดโสธรวรารามวรวิหาร เด็กหญิงราวรรณมาทำบุญกับพี่ชาย ขณะที่กำลังกราบพระพุทธรูปอยู่นั้น ราวรรณได้สังเกตเห็นเทียนบูชาพระที่กำลังให้แสงสว่างมีน้ำตาเทียนไหลลงเชิงเทียน จึงสงสัยและถามพี่ชายว่า “เหตุใดเทียนจึงมีลักษณะแข็งและตั้งตรงอยู่ได้และเหตุใดน้ำตาเทียนจึงไหลได้และมีรูปร่างตามเชิงเทียน” ถ้านักเรียนเป็นพี่ชายของราวรรณ นักเรียนจะอธิบายให้ราวรรณเข้าใจว่าอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายโดยตอบคำถามคำถามข้อ 1 และ 2 (ให้นักเรียนอธิบายในประเด็นการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาค)

คำถามข้อ 1 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของเทียนลงในที่ว่าง 1ก. และเขียนอธิบายการที่เทียนมีลักษณะแข็งและตั้งตรงอยู่ได้ลงในที่ว่าง1ข.

คำถามข้อ 2 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของน้ำตาเทียนลงในที่ว่าง 2ก. และเขียนอธิบายการที่น้ำตาเทียนไหลได้และมีรูปร่างตามเชิงเทียนลงในที่ว่าง 2ข.



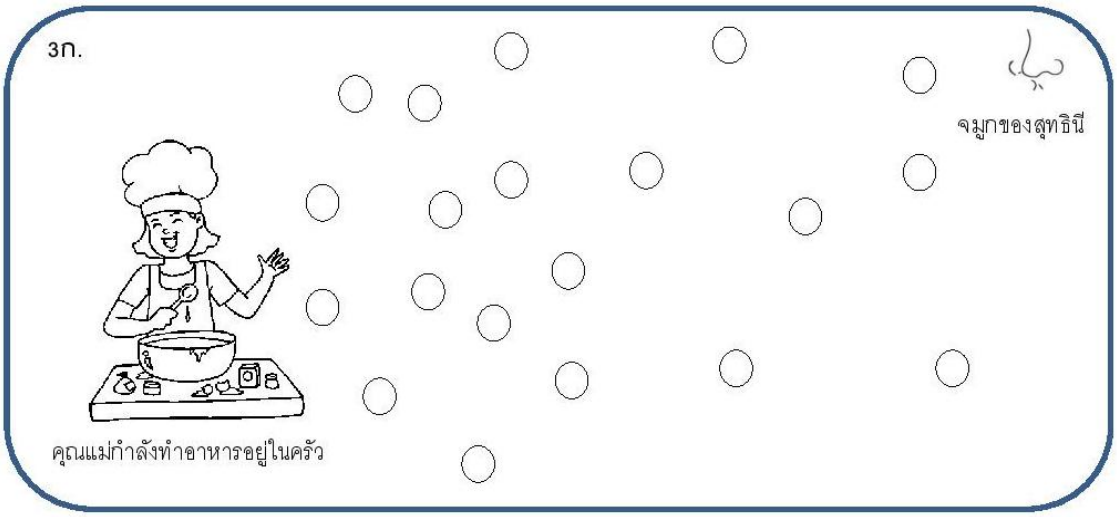
เฉลย กลิ่นแกงเหลือง

ขณะที่คุณแม่กำลังทำอาหารเย็นอยู่ในห้องครัว เด็กหญิงสุทธินีกลับมาถึงบ้านพอดี สุทธินีกล่าวกับพี่สาวที่นั่งอยู่ที่หน้าบ้านว่า “วันนี้คุณแม่ทำแกงเหลืองแน่ๆ น้องได้กลิ่น” สุทธินีสงสัยจึงถามพี่สาวว่า “เหตุใดเราจึงได้กลิ่นอาหาร แม้ว่าเรานั้นจะอยู่ไกลจากห้องครัว” ถ้านักเรียนเป็นพี่สาวของสุทธินีนักเรียนจะอธิบายให้สุทธินีเข้าใจว่าอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายโดยตอบคำถามข้อ 3

(ให้นักเรียนอธิบายในประเด็นการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาค)

คำถามข้อ 3 ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองอนุภาคของกลิ่นอาหารลงในที่ว่าง 3ก. และเขียนอธิบายการที่เราได้กลิ่นอาหาร แม้ว่าเรานั้นจะอยู่ไกลจากห้องครัวลงในที่ว่าง 3ข.

3ก.



3ข.

อธิบาย

.....อนุภาคของกลิ่นในสถานะแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย และอนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจาก 1. ความร้อนที่ใช้ในการทำอาหารทำให้พลังงานจลน์ของโมเลกุลของแก๊สเพิ่มขึ้น กลิ่นแกงเหลืองนั้นเป็นโมเลกุลของแก๊สอย่างหนึ่ง เมื่อพลังงานจลน์ของแก๊สเพิ่มขึ้นก็เกิดการเคลื่อนที่ไปทั่วบริเวณ 2. การที่แก๊สเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น ซึ่งในครัวมีความเข้มข้นของโมเลกุลของแก๊สมากกว่าหน้าบ้านมาก ทำให้กลิ่นสามารถฟุ้งกระจายมาที่จมูกได้.....

แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

(ตัวอย่าง)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ฉบับนี้เป็นแบบข้อสอบแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ แบบวัดมีทั้งหมด 15 หน้า เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที

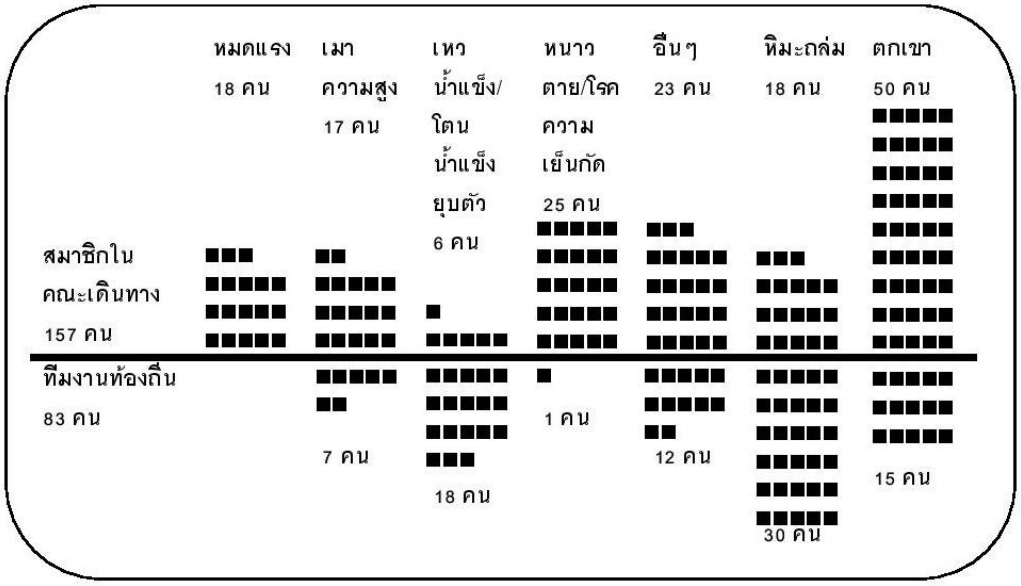
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้นเรียน และเลขที่ ในกระดาษคำตอบ

3. ให้นักเรียนให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับข้อและอักษรที่เลือกในกระดาษคำตอบ

4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์และกระดาษคำตอบให้ผู้คุมสอบเมื่อครบเวลาที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาเหตุการเสียชีวิตจากการปีนเขาเอเวอเรสต์



กราฟแสดงสาเหตุการเสียชีวิตบนทุกเส้นทางบนเขาเอเวอเรสต์ นับตั้งแต่มีการบันทึกการเสียชีวิตของนักปีนเขาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1921

ปรับมาจาก: มาร์ก เจนกินส์. “คลื่นคนล้นเอเวอเรสต์,” National Geographic 143 (มิถุนายน 2556): 86.

ให้นักเรียนใช้ข้อมูลเรื่อง “สาเหตุการเสียชีวิตจากการปีนเขาเอเวอเรสต์” ในการตอบคำถามข้อ1–3

คำถามข้อ 1: สิ่งใดที่นักปีนเขาควรเตรียมพร้อมหรือระมัดระวังมากที่สุด (วิเคราะห์องค์ประกอบ)

ก. เชือกและห่วงนิรภัย

ข. เสื้อผ้าป้องกันความหนาเย็น

ค. การอบอุ่นร่างกายก่อนปีนเขา

ง. การดื่มเครื่องดื่มผสมแอลกอฮอล์

คำถามข้อ 2: เพราะเหตุใดผู้เขียนกราฟจึงแยกข้อมูลเป็นสองกลุ่ม คือ สมาชิกในคณะเดินทางและทีมงานท้องถิ่น (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. เนื่องจากมีความแตกต่างด้านวุฒิภาวะ

ข. เนื่องจากมีความแตกต่างด้านความชำนาญ

ค. เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงของการเสียชีวิต

ง. เนื่องจากมีความแตกต่างด้านการหยั่งรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามข้อ 3: ข้อกำหนดใดต่อไปนี้ที่จะช่วยลดการเสียชีวิตของนักปีนเขาได้ดีที่สุด (วิเคราะห์หลักการ)

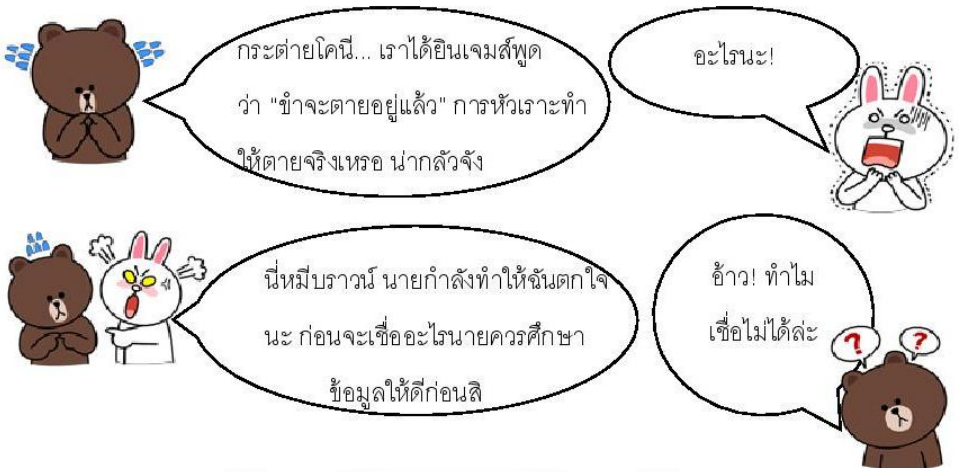
ก. ออกใบรับรองให้ผู้ประกอบการ

ข. กำหนดให้ทีมนักปีนเขามีขนาดเล็กลง

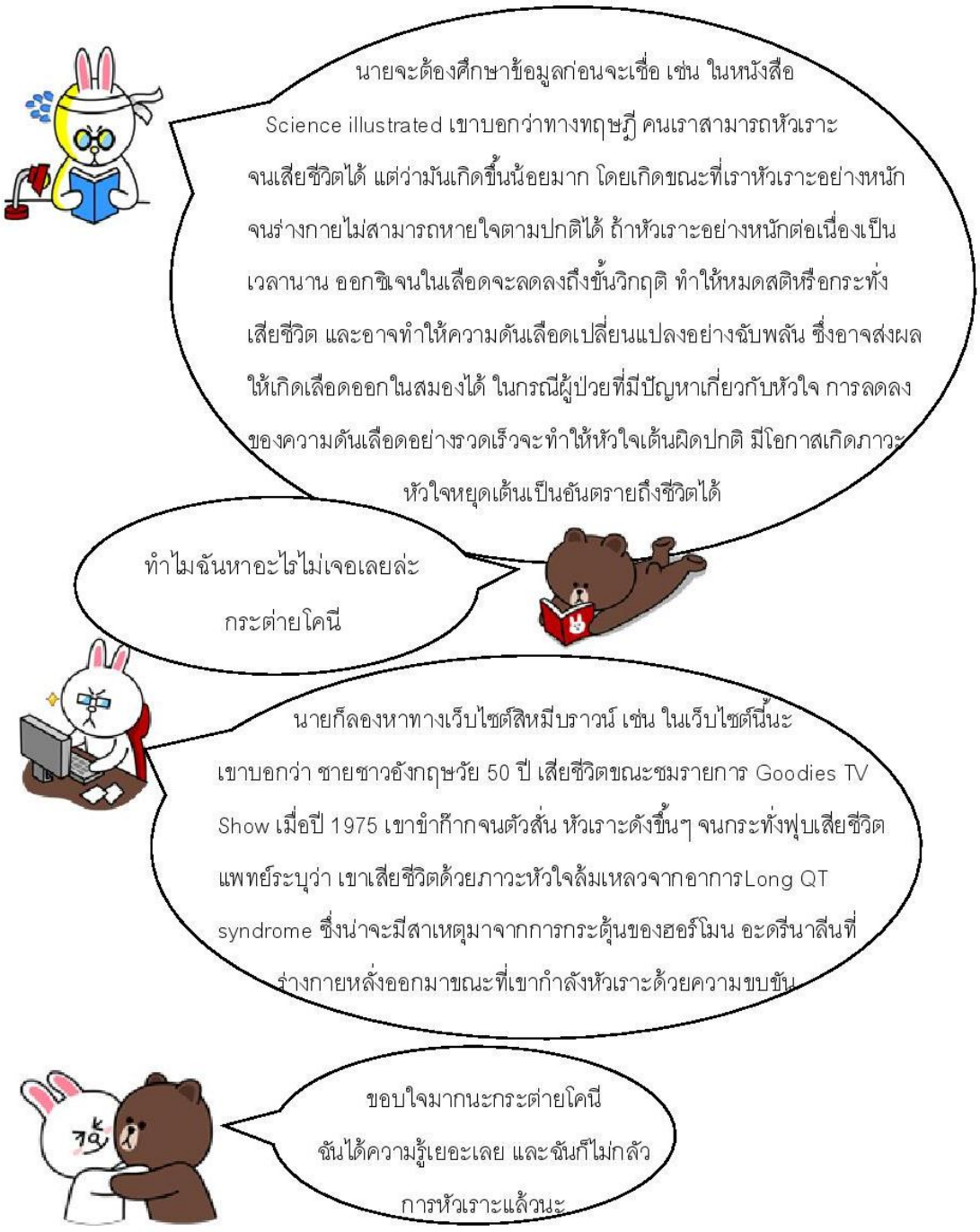
ค. กำหนดให้นักปีนเขาต้องมีประสบการณ์

ง. กำหนดค่าปรับสำหรับผู้ทิ้งขยะมูลฝอยบนภูเขา

บทสนทนา ณ ไลน์ทาวน์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ปรับมาจาก: "เสียงหัวเราะไม่ใช่เรื่องตลกเสมอไป," Science illustrated 30 (ธันวาคม 2556): 27.

ให้นักเรียนใช้ข้อมูลเรื่อง “บทสนทนา ณ ไลน์ทาวน์” ในการตอบคำถามข้อ 7–9

คำถามข้อ 10: กระต่ายโคนีและหมีบราวน์กำลังสืบค้นเรื่องใด (วิเคราะห์องค์ประกอบ)

ก. โรคที่ต้องระมัดระวังการหัวเราะ

ข. จำนวนผู้เสียชีวิตจากการหัวเราะ

ค. สาเหตุของการหัวเราะจนเสียชีวิต

ง. สำนวนภาษาไทยที่ว่า “ขำจะตายอยู่แล้ว”

คำถามข้อ 11: การหัวเราะจนเสียชีวิตเกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือไม่ เพราะเหตุใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. ไม่ เนื่องจากคนหัวเราะได้ในช่วงเวลาจำกัด

ข. ไม่ เนื่องจากเกิดขึ้นเมื่อผู้เสียชีวิตต้องมีความผิดปกติอื่นๆ ของร่างกายร่วมด้วย

ค. บ่อยครั้ง เนื่องจากคนมักเป็นโรคหัวใจ

ง. บ่อยครั้ง เนื่องจากคนมักไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรค Long QT syndrome

คำถามข้อ 12: นักเรียนจะแนะนำผู้ป่วยโรค Long QT syndrome ในเรื่องการหัวเราะอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)

ก. ห้ามหัวเราะและดูรายการบันเทิง

ข. ให้คิดเรื่องเครียดจะได้ไม่เกิดการหัวเราะ

ค. ให้ระมัดระวังการหัวเราะหนักๆ อย่างต่อเนื่อง

ง. ให้หัวเราะทุกวันเพื่อให้ร่างกายชินกับฮอร์โมนอะดรีนาลีน

Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

เรื่องที่ 1 สถานะของสาร

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 21102 รายวิชา วิทยาศาสตร์**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม. 1/2 อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม. 1/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม. 1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บันทึกและอธิบายผลการสังเกตเกี่ยวกับแก๊ส ของเหลว และของแข็งโดยการวาดภาพตัวแทนความคิดได้
2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแก๊ส ของเหลว และของแข็งได้
3. อธิบายสมบัติของแก๊ส ของเหลว และของแข็งได้
4. แสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ที่มีข้อมูลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้

<u>สาระสำคัญ</u>

ความหมายของ แก๊สของเหลว และของแข็ง

แก๊ส (Gas) หมายถึงสถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรและรูปร่างไม่แน่นอน มีสมบัติฟุ้งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากอนุภาคอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย อนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว

ของเหลว (Liquid) หมายถึง สถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรแน่นอน แต่มีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะบรรจุ เนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันน้อยกว่าของแข็ง และอนุภาคมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้

ของแข็ง (Solid) หมายถึงสถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรและรูปร่างแน่นอน เนื่องจากอนุภาคเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง และอนุภาคมีการสั่นสะเทือนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 สังเกตปรากฏการณ์ (20 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน โดยสุ่มจากเลขที่ และให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูกำหนดให้
2. ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง สถานะของสาร ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด
3. ครูสาธิตการทดลอง และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ดังนี้

3.1 ครูเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอมที่อยู่ในภาชนะสีทึบที่ปิดฝาไว้ จากนั้นถามด้วยคำถามต่อไปนี้

(1) นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง

(นักเรียนตอบคำถามตามสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ได้กลิ่นฉุน ได้กลิ่นเหมือนอยู่ที่ห้องพยาบาล ได้กลิ่นเหมือนตอนแข่งกีฬาสี)

(2) นักเรียนคนใดได้กลิ่นบ้าง ให้ยกมือ

(3) เพราะเหตุใด นักเรียนจึงได้กลิ่นของสารตัวอย่าง แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน

(นักเรียนตอบตามความคิดของนักเรียน เช่น เพราะกลิ่นลอยมาที่จมูก เพราะกลิ่นลอยมากับอากาศ)

(4) สิ่งที่นักเรียนได้กลิ่นมีสถานะอะไร

(แก๊ส)

(5) ครูกล่าวว่า นักเรียนสามารถได้กลิ่นสารตัวอย่างซึ่งมีสถานะแก๊สได้ แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน นักเรียนคิดว่าสารในสถานะอื่นจะมีสมบัติที่น่าสนใจแตกต่างจากนี้หรือไม่ ต่อไปครูจะสาธิตการทดลองการเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ

3.2 ครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ โดยเตรียมบีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุน้ำ 250 ml จากนั้นรินน้ำจากบีกเกอร์ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

(1) นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง

(นักเรียนตอบตามสิ่งที่สังเกตได้ เช่น น้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม)

(2) น้ำมีสถานะอะไร

(ของเหลว)

(3) เพราะเหตุใด น้ำจึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้

(นักเรียนตอบตามความคิดของนักเรียน เช่น เนื้อของน้ำไม่ติดกันแน่น น้ำมีรูปร่างไม่แข็ง)

(4) ครูกล่าวว่า จากการทดลองที่ครูนำเสนอนักเรียนพบว่าน้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม นักเรียนคิดว่า ถ้าครูนำสารสถานะอื่นมาลองเปลี่ยนภาชนะบรรจุบ้างจะมีสมบัติเช่นเดียวกันนี้หรือไม่

3.3 ครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน โดยบีกเกอร์ขนาด 500 ml ใส่ก้อนหิน 1 ก้อน จากนั้นนำก้อนหินมาใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

(1) เมื่อครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุ รูปร่างก้อนหินเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ปริมาตรเป็นอย่างไร

(ก้อนหินยังคงรูปร่างและปริมาตรเหมือนเดิม)

(2) หินมีสถานะอะไร *(ของแข็ง)*

(3) เพราะเหตุใด ก้อนหินจึงไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุเช่นเดียวกับน้ำ

(นักเรียนตอบตามความคิด เช่น ก้อนหินมีลักษณะแข็ง เนื้อของก้อนหินยึดติดกันแน่น)

3.4 ครูกล่าวว่า จากการสังเกตสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด ที่ครูนำเสนอ นักเรียนพบว่าสารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง มีสมบัติแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าเหตุใดสารทั้ง 3 สถานะจึงมีสมบัติแตกต่างกัน วันนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้กัน

ขั้นที่ 2 อธิบายปรากฏการณ์ด้วยการวาดภาพและบรรยาย (10 นาที)

1. ครูชี้แนะให้นักเรียนจินตนาการการจัดเรียงตัวของอนุภาค ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จากการทดลองที่ครูสาธิต

1.1 จากที่นักเรียนสังเกตสารตัวอย่างที่ครูนำเสนอ นักเรียนคิดว่าภายในเนื้อสารแต่ละชนิดประกอบด้วยอะไร (*โมเลกุล อนุภาค*)

1.2 นักเรียนคิดว่าเหตุใดก้อนหินจึงแข็งตัวอยู่ได้ และเหตุใดน้ำจึงไหลได้และเปลี่ยนรูปร่างได้โดยเนื้อสารยังเป็นเนื้อเดียวกัน *(มีแรงดึงดูดหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล)*

1.3 นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงทำให้สารตัวอย่างซึ่งมีสถานะแก๊สไปถึงจมูกของนักเรียนได้ *(อนุภาคของสารเคลื่อนที่ได้)*

1.4 นักเรียนคิดว่าอนุภาคที่อยู่ในสารแต่ละสถานะมีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกันหรือไม่ เหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น *(แตกต่างกัน เนื่องจากสารแต่ละสถานะมีสมบัติแตกต่างกัน)*

1.5 สิ่งใดที่ทำให้สารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็งมีสมบัติแตกต่างกัน *(การจัดเรียงตัวของอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาค)*

2. ครูให้นักเรียนจินตนาการการจัดเรียงตัวของอนุภาค ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จากการทดลองที่ครูสาธิต เพื่ออธิบายสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ในประเด็นต่อไปนี้

2.1 เหตุใดจึงได้กลิ่นแอมโมเนียหอม แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน

2.2 เหตุใดน้ำมีปริมาตรแน่นอน และสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้

2.3 เหตุใดก้อนหินมีปริมาตรแน่นอนและไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุ

3. ครูกำหนดให้ภาพตัวแทนความคิดประกอบด้วยภาพอนุภาคของสารแต่ละชนิด โดยมีลักษณะอนุภาคของสาร ดังนี้ (1) อนุภาคของแก๊สตัวอย่างด้วย◎ (2) อนุภาคของน้ำแทนด้วย ○ (3) อนุภาคของก้อนหินแทนด้วย ● และกำหนดให้ใช้ระยะห่างและตำแหน่งของอนุภาค แสดงการจัดเรียงอนุภาคที่แตกต่างกัน

4. ครูให้นักเรียนวาดภาพตัวแทนความคิดจากจินตนาการด้วยดินสอ ในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2 ในช่อง ก. ข. พร้อมเขียนบรรยายภาพวาดที่ตนสร้างขึ้น ในช่อง ค. และเติมคำในช่องว่าง ง.

5. ครูบอกนักเรียนให้ใช้เวลา 5 นาทีในการวาดภาพและเขียนบรรยาย

ขั้นที่ 3 นำเสนอและอภิปรายภายในกลุ่ม (15 นาที)

1. ครูให้นักเรียนนำเสนองานของตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม

2. ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับเพื่อน โดยครูใช้คำถามดังนี้

2.1 ภาพวาดของนักเรียนและเพื่อนมีลักษณะการจัดเรียงอนุภาคที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอได้หรือไม่

3. ครูให้นักเรียนให้ข้อมูลย้อนกลับงานของเพื่อนในกลุ่ม ว่าลักษณะการจัดเรียงอนุภาคในภาพวาดของเพื่อนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอได้หรือไม่

4. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม ในประเด็น ลักษณะการจัดเรียงตัวของอนุภาคในภาพตัวแทนความคิดที่ดีที่สุดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอได้ และครูชี้แจงนักเรียนว่าอย่าเพิ่งแก้ไขบันทึกของตนเอง

ขั้นที่ 4 ศึกษาสถานการณ์จำลองจากแอนิเมชัน (10 นาที)

1. ครูกล่าวว่า ครูจะนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง สถานะของสาร ซึ่งเป็นสถานการณ์จำลองในระดับอนุภาค

2. ครูนำเสนอสถานการณ์จำลองจากแอนิเมชันเรื่อง สถานะของสารครั้งที่ 1ให้นักเรียนศึกษาร่วมกันทั้งชั้นเรียน

3. ครูถามว่า จากแอนิเมชันที่ครูนำเสนอนักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้างที่แตกต่างกันระหว่างอนุภาคของสารทั้ง 3 สถานะ *(การจัดเรียงอนุภาคระยะห่างระหว่างอนุภาค การเคลื่อนที่ของอนุภาค)*

4. ครูกล่าวว่า ครูจะนำเสนอแอนิเมชันเรื่องเดิมอีกครั้งหนึ่ง ให้นักเรียนสังเกตในประเด็นต่อไปนี้

4.1 การจัดเรียงตัวของอนุภาค ระยะห่างระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาค ของแก๊สเมื่ออยู่ในภาชนะปิดและเมื่อเปิดภาชนะ

4.2 การจัดเรียงตัวของอนุภาค ระยะห่างระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาค ของเหลวเมื่ออยู่ในภาชนะและเมื่อเทออกจากภาชนะ

4.3 การจัดเรียงตัวของอนุภาค ระยะห่างระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาค ของแข็งเมื่ออยู่ในภาชนะและเมื่อเทออกจากภาชนะ

5. ครูถามว่า จากแอนิเมชันที่ครูนำเสนอ การจัดเรียงตัวของอนุภาคของสารทั้ง 3 สถานะ แตกต่างจากที่นักเรียนวาดภาพจากจินตนาการที่นักเรียนใช้อธิบายการทดลองที่ครูสาธิตหรือไม่ มีสิ่งใดที่แตกต่างกันบ้าง

6. ครูกล่าวว่า ครูจะนำเสนอแอนิเมชันอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อให้นักเรียนทบทวน และหลังจากแอนิเมชันจบให้นักเรียนบันทึกความแตกต่างของการจัดเรียงอนุภาคและระยะห่างของอนุภาค ระหว่างแอนิเมชันที่ครูนำเสนอและภาพวาดจากจินตนาการของนักเรียน

7. ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่องเดิมครั้งสุดท้าย

8. ให้นักเรียนบันทึกความแตกต่างระหว่างแตกต่างของการจัดเรียงอนุภาคและระยะห่างของอนุภาคระหว่างแอนิเมชันที่ครูนำเสนอและภาพวาดจากจินตนาการของนักเรียนในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2 ในช่อง ฉ.

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดและสถานการณ์จำลองจากแอนิเมชัน (15 นาที)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนอภิปรายในประเด็น ความแตกต่างระหว่างการจัดเรียงอนุภาคของแก๊ส ของเหลว ของแข็ง ในแอนิเมชันและภาพวาดของตนเอง

2. ครูสุ่มนักเรียน 2-3 คู่ เพื่อนำเสนอสิ่งที่แตกต่างระหว่างการจัดเรียงอนุภาคของ แก๊ส ของเหลว ของแข็งที่ได้อภิปรายกัน

3. ครูเขียนสิ่งที่แตกต่างที่นักเรียนนำเสนอ เปรียบเทียบระหว่างภาพวาดและแอนิเมชันบนกระดานดำ

4. ครูถามนักเรียนว่า มีนักเรียนคู่ใดที่มีประเด็นความแตกต่างนอกเหนือจากที่เพื่อนนำเสนอหรือไม่ ถ้ามีครูเขียนประเด็นเพิ่มเติมบนกระดานดำ

5. ครูนำอภิปรายในประเด็นภาพวาดการจัดเรียงอนุภาคลักษณะใดอธิบายลักษณะของกลิ่นแอมโมเนีย น้ำ และก้อนหินได้ดีที่สุด

6. ครูให้นักเรียนปรับปรุงภาพวาดของตนเอง ให้ถูกต้อง และครูเดินดูนักเรียนเพื่อชี้แนะ

7. ครูบอกนักเรียนให้ใช้เวลา 5 นาทีในการปรับปรุงภาพวาดของตนเอง

ขั้นที่ 6 เชื่อมโยงตัวแทนความคิด (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนอธิบายการได้กลิ่นแอมโมเนีย การที่น้ำเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะบรรจุ และการที่ก้อนหินไม่เปลี่ยนรูปร่างเมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุด้วยปรากฏการณ์ในระดับอนุภาค โดยใช้คำถามต่อไปนี้

(1) เหตุใดนักเรียนจึงได้กลิ่นของสารตัวอย่างซึ่งมีสถานะแก๊สที่วางอยู่หน้าห้อง โดยไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน

(*อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย และอนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว ทำให้กลิ่นสามารถฟุ้งกระจายมาที่จมูกได้)*

(2) นักเรียนจะอธิบายการเปลี่ยนรูปร่างของน้ำเมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุ แต่ยังคงมีปริมาตรเท่าเดิมได้ *(อนุภาคของเหลวอยู่ชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันมากกว่าแก๊สแต่น้อย*

กว่าของแข็ง และอนุภาคมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้ จึงทำให้น้ำสามารเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะบรรจุได้และมีปริมาตรเท่าเดิม)

(3) เหตุใดก้อนหินจึงมีรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะบรรจุและปริมาตรคงที่ *(อนุภาคของแข็งเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง และอนุภาคมีการสั่นสะเทือนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ จึงทำให้ก้อนหินซึ่งมีรูปร่างและปริมาตรคงที่)*

2. ครูนำเสนอสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแทนความคิด โดยครูกล่าวว่า *"นักวิทยาศาสตร์ใช้กลุ่มของสัญลักษณ์เพื่อแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี เรียกว่าสมการเคมี สมการเคมีที่สมบูรณ์จะระบุสถานะของสารในปฏิกิริยาโดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแทนสถานะ ซึ่งมาจากอักษรตัวแรกของคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่มีความหมายว่า แก๊ส ของเหลว และของแข็ง* จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้

.(1) คำศัพท์ภาษาอังกฤษคำใดที่มีหมายถึงแก๊ส *(gas)* ดังนั้น แทนสถานะแก๊สด้วยสัญลักษณ์ใด *(g)*

(2) คำศัพท์ภาษาอังกฤษคำใดที่มีหมายถึงของเหลว *(liquid)* ดังนั้น แทนสถานะของเหลวด้วยสัญลักษณ์ใด *(l)*

(3) คำศัพท์ภาษาอังกฤษคำใดที่มีหมายถึงของแข็ง *(solid)* ดังนั้น แทนสถานะของแข็งด้วยสัญลักษณ์ใด *(s)*

3. ครูให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์แทนปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย และปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า โดยเขียนลงในช่องว่างในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2 ช่อง จ.

ขั้นที่ 7 ปรับประยุกต์มโนทัศน์ (20 นาที)

1. ครูนำเสนอปรากฏการณ์ โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

(1) ขณะที่นักเรียนนั่งอยู่ในห้องเรียนในเวลาใกล้พักกลางวัน เหตุใดนักเรียนจึงได้กลิ่นอาหาร

(2) เหตุใดเมื่อนักเรียนล้างมือ เหตุใดน้ำจึงสามารถผ่านมือนักเรียนได้ง่าย แต่นักเรียนไม่สามารถดันมือให้ผ่านโต๊ะหรือก้อนหินได้เช่นเดียวกับน้ำ

3. ครูให้นักเรียนวาดภาพตัวแทนความคิดแสดงลักษณะการจัดเรียงอนุภาคเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว และเขียนแสดงสัญลักษณ์ของแต่ละสถานะในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3

4. ครูประเมินมโนทัศน์ของนักเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับ และสรุปมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เรื่อง สถานะของสาร

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สถานะของสาร
2. วัสดุและอุปกรณ์การสาธิตการทดลอง
   2.1 แอมโมเนียหอมในภาชนะที่สามารถเปิดและปิดได้
   2.2 บีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุน้ำ 250 ml

2.3 บีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุก้อนหิน 1 ก้อน

2.4 ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

3. แอนิเมชัน เรื่อง สถานะของสาร สืบค้นได้จาก http://www.youtube.com/watch?v=s-KvoVzukHo

<u>การวัดและประเมิน</u>

1. การวัด

ตรวจสอบความถูกต้องของแบบบันทึกกิจกรรม

2. **การประเมิน**

นักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3 ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรม
เรื่อง สถานะของสาร

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

ตอนที่ 1 บันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนสังเกตการทดลองที่ครูสาธิต ได้แก่ 1. เมื่อเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม 2. เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ และ3. เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน และบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ในตารางต่อไปนี้

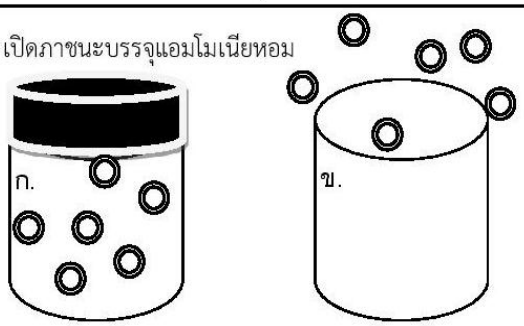
ตารางบันทึกผลการสังเกต

การทดลอง	สิ่งที่สังเกตได้
เมื่อเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม	..... *.....ได้กลิ่นฉุน ได้กลิ่นเหมือนอยู่ที่ห้องพยาบาล ได้กลิ่นเหมือนตอนแข่งกีฬาสี* ....
เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ	..... *.....น้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม*..... .....
เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน	..... *.....ก้อนหินยังคงรูปร่างและปริมาตรเหมือนเดิม* ....

ตอนที่ 2 วาดภาพตัวแทนความคิดอธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพอนุภาคของสาร เพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อ 1. เปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม 2. เปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ และ 3. เปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน และเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 เปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม



ค. ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

.....อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย และอนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว.....

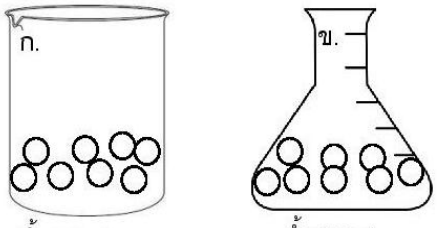
แอมโมเนียหอมบรรจุภาชนะปิดฝา แอมโมเนียหอมบรรจุภาชนะเปิดฝา

ง. สารมีสถานะ.....*แก๊ส*.....

จ. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ.....**g**.....

ฉ. บันทึกสิ่งที่แตกต่างระหว่างสิ่งที่ศึกษาจากแอนิเมชันและภาพวาดของนักเรียน

2.2 เปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ



น้ำ 250 ml ในบีกเกอร์ 500 ml

น้ำ 250 ml ในขวดรูปชมพู่ 500 ml

ค. ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

.....อนุภาคอยู่ชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันมากกว่าแก๊สแต่น้อยกว่าของแข็ง และอนุภาคมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้.....

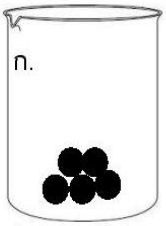
ง. สารมีสถานะ.....ของเหลว.....

จ. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ...**l**.....

ฉ. บันทึกสิ่งที่แตกต่างระหว่างสิ่งที่ศึกษาจากแอนิเมชันและภาพวาดของนักเรียน

2.3 เปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน

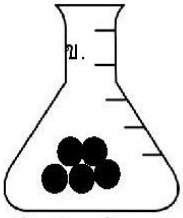
ก.



ก้อนหิน 1 ก้อน

ในบีกเกอร์ 500 ml

ข.



ก้อนหิน 1 ก้อน

ในขวดรูปชมพู่ 500 ml

ค.

ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

.....อนุภาคเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง และอนุภาคมีการสั่นสะเทือนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้.....

ง.สารมีสถานะ.....ของแข็ง.....

จ.สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ.....s.....

ฉ. บันทึกสิ่งที่แตกต่างระหว่างสิ่งที่ศึกษาจากแอนิเมชันและภาพวาดของนักเรียน

3.2 ขณะล้างมือน้ำสามารถผ่านมือได้

ก.

ข.

ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

ง.สารมีสถานะ.....

จ.สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ.....

3.3 นักเรียนไม่สามารถนำมือผ่านโต๊ะได้

ก.

ข.

ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

ค.สารมีสถานะ.....

ง.สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ.....

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบทั่วไป

เรื่องที่ 1 สถานะของสาร

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 21102 รายวิชา วิทยาศาสตร์**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**

มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม. 1/2 อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม. 1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บันทึกและอธิบายผลการสังเกตเกี่ยวกับแก๊ส ของเหลว และของแข็งได้

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแก๊ส ของเหลว และของแข็งได้

3. อธิบายสมบัติของแก๊ส ของเหลว และของแข็งได้

4. แสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ที่มีข้อมูลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้

<u>สาระสำคัญ</u>

ความหมายของแก๊สของเหลว และของแข็ง

แก๊ส (Gas) หมายถึงสถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรและรูปร่างไม่แน่นอน มีสมบัติฟุ้งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากอนุภาคอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย อนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว

ของเหลว (Liquid) หมายถึง สถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรแน่นอน แต่มีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะบรรจุ เนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันน้อยกว่าของแข็ง และอนุภาคมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้

ของแข็ง (Solid) หมายถึงสถานะหนึ่งของสสารซึ่งมีปริมาตรและรูปร่างแน่นอน เนื่องจากอนุภาคเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง และอนุภาคมีการสั่นสะเทือนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

Chulalongkorn University

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (20 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน โดยสุ่มจากเลขที่ และให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูกำหนดให้

2. ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง สถานะของสาร ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

3. ครูสาธิตการทดลอง และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ดังนี้

3.1 ครูเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอมที่อยู่ในภาชนะสีทึบที่ปิดฝาไว้ จากนั้นถามด้วยคำถามต่อไปนี้

(1) นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง *(นักเรียนตอบคำถามตามสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ได้กลิ่นฉุน ได้กลิ่นเหมือนอยู่ที่ห้องพยาบาล ได้กลิ่นเหมือนตอนแข่งกีฬาสี)*

(2) นักเรียนคนใดได้กลิ่นบ้าง ให้ยกมือ

(3) เพราะเหตุใด นักเรียนจึงได้กลิ่นของสารตัวอย่าง แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน (*นักเรียนตอบตามความคิดของนักเรียน เช่น เพราะกลิ่นลอยมาที่จมูก เพราะกลิ่นลอยมากับอากาศ*)

(4) สิ่งที่นักเรียนได้กลิ่นมีสถานะอะไร *(แก๊ส)*

(5) ครูกล่าวว่า นักเรียนสามารถได้กลิ่นสารตัวอย่างซึ่งมีสถานะแก๊สได้ แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน นักเรียนคิดว่าสารในสถานะอื่นจะมีสมบัติที่น่าสนใจแตกต่างจากนี้หรือไม่ ต่อไปครูจะสาธิตการทดลองการเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ

3.2 ครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ โดยเตรียมบีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุน้ำ 250 ml จากนั้นรินน้ำจากบีกเกอร์ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

(1) นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง *(นักเรียนตอบตามสิ่งที่สังเกตได้ เช่น น้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม)*

(2) น้ำมีสถานะอะไร *(ของเหลว)*

(3) เพราะเหตุใด น้ำจึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้ (*นักเรียนตอบตามความคิดของนักเรียน เช่น* เนื้อของน้ำไม่ติดกันแน่น น้ำมีรูปร่างไม่แข็ง)

(4) ครูกล่าวว่า จากการทดลองที่ครูนำเสนอนักเรียนพบว่าน้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม นักเรียนคิดว่า ถ้าครูนำสารสถานะอื่นมาลองเปลี่ยนภาชนะบรรจุบ้างจะมีสมบัติเช่นเดียวกันนี้หรือไม่

3.3 ครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน โดยบีกเกอร์ขนาด 500 ml ใส่ก้อนหิน 1 ก้อน จากนั้นนำก้อนหินมาใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

(1) เมื่อครูเปลี่ยนภาชนะบรรจุ รูปร่างก้อนหินเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ปริมาตรเป็นอย่างไร *(ก้อนหินยังคงรูปร่างและปริมาตรเหมือนเดิม)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) หินมีสถานะอะไร *(ของแข็ง)*

(3) เพราะเหตุใด ก้อนหินจึงไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุเช่นเดียวกับน้ำ (*นักเรียนตอบตามความคิด เช่น ก้อนหินมีลักษณะแข็ง เนื้อของก้อนหินยึดติดกันแน่น*)

3.4 ครูกล่าวว่า จากการสังเกตสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด ที่ครูนำเสนอ นักเรียนพบว่าสารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง มีสมบัติแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าเหตุใดสารทั้ง 3 สถานะจึงมีสมบัติแตกต่างกัน วันนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้กัน

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ (60 นาที)

1. จากที่นักเรียนสังเกตสารตัวอย่างที่ครูนำเสนอ นักเรียนคิดว่าภายในเนื้อสารแต่ละชนิดประกอบด้วยอะไร (*โมเลกุล อนุภาค*)

2. นักเรียนคิดว่าเหตุใดก้อนหินจึงแข็งตัวอยู่ได้ และเหตุใดน้ำจึงไหลได้และเปลี่ยนรูปร่างได้โดยเนื้อสารยังเป็นเนื้อเดียวกัน *(มีแรงดึงดูดหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล)*

3. นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงทำให้สารตัวอย่างซึ่งมีสถานะแก๊สไปถึงจมูกของนักเรียนได้ *(อนุภาคของสารเคลื่อนที่ได้)*

4. นักเรียนคิดว่าอนุภาคที่อยู่ในสารแต่ละสถานะมีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกันหรือไม่ เหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น *(แตกต่างกัน เนื่องจากสารแต่ละสถานะมีสมบัติแตกต่างกัน)*

5. สิ่งใดที่ทำให้สารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็งมีสมบัติแตกต่างกัน *(การจัดเรียงตัวของอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาค)*

6. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม และตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง สถานะของสาร ตอนที่ 2 ในประเด็นต่อไปนี้

6.1 เหตุใดจึงได้กลิ่นแอมโมเนียหอม แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน

6.2 เหตุใดน้ำมีปริมาตรแน่นอน และสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้

6.3 เหตุใดก้อนหินมีปริมาตรแน่นอนและไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุ

7. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการอภิปรายหน้าชั้นเรียน

8. ครูนำนักเรียนอภิปรายในประเด็นลักษณะของแก๊ส ของเหลว ของแข็ง ที่อธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอได้ดีที่สุด จากนั้นแก้ไขและเพิ่มเติมบันทึกในตอนที่2 ให้สมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นสรุป (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในประเด็นต่อไปนี้

1.1 รูปร่างของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1.2 ปริมาตรของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1.3 ระยะห่างระหว่างอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1.4 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1.5 การเคลื่อนไหวของอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

2. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3 เพื่อสรุปการเรียนรู้

3.ครูตรวจสอบความถูกต้อง และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

. แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สถานะของสาร

2. วัสดุและอุปกรณ์การสาธิตการทดลอง

2.1 แอมโมเนียหอมในภาชนะที่สามารถเปิดและปิดได้

2.2 บีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุน้ำ 250 ml

2.3 บีกเกอร์ขนาด 500 ml บรรจุก้อนหิน 1 ก้อน

2.4 ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml

<u>การวัดและประเมิน</u>

1. การวัด

ตรวจสอบความถูกต้องของแบบบันทึกกิจกรรม

2.**การประเมิน**

นักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3 ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรม (สำหรับแผนการสอนแบบทั่วไป)
เรื่อง สถานะของสาร

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

ตอนที่ 1 บันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนสังเกตการทดลองที่ครูสาธิต ได้แก่ 1. เมื่อเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม 2. เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ และ 3. เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน และบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางบันทึกผลการสังเกต

การทดลอง	**สิ่งที่สังเกตได้**
เมื่อเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม	..... *.....ได้กลิ่นฉุน ได้กลิ่นเหมือนอยู่ที่ห้องพยาบาล ได้กลิ่นเหมือนตอนแข่งกีฬาสี* ....
เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ	..... *.....น้ำเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีปริมาตรเท่าเดิม*..... ....
เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน	..... *.....ก้อนหินยังคงรูปร่างและปริมาตรเหมือนเดิม* ....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

เมื่อเปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม

6.1 เหตุใดจึงได้กลิ่นแอมโมเนียหอม แม้ไม่ได้นำมาใกล้จมูกของนักเรียน

....เนื่องจากอนุภาคของกลิ่นในสถานะแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย และอนุภาคมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว ทำให้กลิ่นหรืออนุภาคแก๊สเคลื่อนที่จากบริเวณความเข้มข้นอนุภาคสูงไปยังบริเวณที่ความเข้มข้นของอนุภาคต่ำกว่าหรือทำให้กลิ่นสามารถฟุ้งกระจายมาที่จมูกได้.....

เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ

6.2 เหตุใดน้ำมีปริมาตรแน่นอน และสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้

.....น้ำในสถานะของเหลวมีอนุภาคอยู่ชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันน้อยกว่าของแข็ง และอนุภาคสถานะของเหลวมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้ส่งผลให้น้ำไหลและเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้.....

เมื่อเปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน

6.3 เหตุใดก้อนหินมีปริมาตรแน่นอนและไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุ

.....ก้อนหินอยู่ในสถานะของแข็งมีอนุภาคเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง แม้มีการสั่นสะเทือนอนุภาคก็ยังอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ส่งผลให้ก้อนหินมีลักษณะแข็งและรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง แม้เปลี่ยนภาชนะบรรจุ.....

ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเขียนบรรยายลักษณะของสารทั้ง 3 สถานะ และเติมคำในช่องว่างด้านล่าง

สถานะ	ลักษณะ
ของแข็ง **ให้นักเรียนยกตัวอย่าง** 1.....*ก้อนหิน*..... 2.....*ไม้*..... 3.....*คอนกรีต*.....	**รูปร่าง** ……*แน่นอน*..... **ปริมาตร** ……*แน่นอน*..... **ระยะห่างระหว่างอนุภาค** *.....อนุภาคเรียงชิดกันอย่างเป็นระเบียบ……* **แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค** *…..มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง……* **การเคลื่อนไหวของอนุภาค** *...อนุภาคมีการสั่นสะเทือนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้…*
ของเหลว **ให้นักเรียนยกตัวอย่าง** 1.....*น้ำอัดลม*..... 2.....*กะทิ*..... 3.....*น้ำเชื่อม*.....	**รูปร่าง** ……*เปลี่ยนแปลงตามภาชนะบรรจุ*..... **ปริมาตร** ……*แน่นอน*..... **ระยะห่างระหว่างอนุภาค** *.....อนุภาคเรียงชิดกันแต่ไม่เป็นระเบียบ……* **แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค** *…มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันน้อยกว่าของแข็ง……* **การเคลื่อนไหวของอนุภาค** *...อนุภาคมีการสั่นและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้....*
แก๊ส **ให้นักเรียนยกตัวอย่าง** 1.....*ไอน้ำ*..... 2.....*อากาศ*..... 3.....*กลิ่นน้ำหอม*.....	**รูปร่าง** ……*ไม่แน่นอน*..... **ปริมาตร** ……*ไม่แน่นอน*..... **ระยะห่างระหว่างอนุภาค** ……*อนุภาคอยู่ห่างกันมาก*..... **แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค** *.....แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย……...* **การเคลื่อนไหวของอนุภาค** *...มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว…..*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์ที่ต้องการวัดกับข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

ข้อ	องค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
2	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
3	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
5	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
6	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
7	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
10	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
11	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
12	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
13	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
14	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
16	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
17	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
18	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
19	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
20	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
21	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง
22	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
23	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การวิเคราะห์หลักการ	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 12 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.60	0.44
2	0.28	0.32
3	0.62	0.32
4	0.36	0.52
5	0.22	0.42
6	0.40	0.35
7	0.62	0.40
8	0.58	0.60
9	0.28	0.32
10	0.34	0.58
11	0.22	0.32
12	0.62	0.44
13	0.36	0.44
14	0.20	0.42
15	0.40	0.64
16	0.26	0.40
17	0.26	0.44
18	0.66	0.52
19	0.52	0.56
20	0.26	0.52
21	0.62	0.44
22	0.58	0.52
23	0.62	0.43
24	0.38	0.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างมโนทัศน์ที่ต้องการวัดกับข้อคำถามของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร

ข้อ	มโนทัศน์	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	แก๊ส (Gas)	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ของเหลว (Liquid)	1	วัดได้สอดคล้อง
3	ของแข็ง (Solid)	1	วัดได้สอดคล้อง
4	ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	การกลายเป็นไอ (Vaporization)	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6	จุดเดือด (boiling point)	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	การแข็งตัว (Freezing)	1	วัดได้สอดคล้อง
8	จุดเยือกแข็ง (Freezing point)	1	วัดได้สอดคล้อง
9	การหลอมเหลว (Melting)	1	วัดได้สอดคล้อง
10	การควบแน่น (Condensation)	1	วัดได้สอดคล้อง
11	การแผ่รังสีความร้อน (Heat radiation)	0.67	วัดได้สอดคล้อง
12	การนำความร้อน (Heat Conduction)	0.67	วัดได้สอดคล้อง
13	การพาความร้อน (Heat Convection)	0.67	วัดได้สอดคล้อง
14	สารแขวนลอย (Suspension)	1	วัดได้สอดคล้อง
15	คอลลอยด์ (Colloid)	1	วัดได้สอดคล้อง
16	สารละลาย (Solution)	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง สารและสมบัติของสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.42	0.54
2	0.46	0.46
3	0.40	0.73
4	0.31	0.46
5	0.31	0.38
6	0.42	0.23
7	0.25	0.50
8	0.35	0.31
9	0.27	0.46
10	0.29	0.42
11	0.25	0.50
12	0.23	0.46
13	0.25	0.50
14	0.85	0.30
15	0.83	0.42
16	0.81	0.54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
ค่าสถิติทดสอบเอฟของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. ห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	F
ม. 1/1	66.13	8.99	27.964*
ม. 1/2	63.44	6.90	
ม. 1/3	63.45	5.26	
ม. 1/4	58.81	9.24	
ม. 1/5	58.76	4.64	
ม. 1/6	59.08	9.17	
ม. 1/7	59.00	9.89	
ม. 1/8	73.22	9.04	
ม. 1/9	68.18	7.03	
ม. 1/10	76.69	5.91	

*** P < 0.05**

ห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันจำนวน 19 คู่ มีดังนี้

ห้อง 1/1 กับ 1/2	ห้อง 1/1 กับ 1/3	ห้อง 1/1 กับ 1/9	ห้อง 1/2 กับ 1/3
ห้อง 1/2 กับ 1/4	ห้อง 1/2 กับ 1/6	ห้อง 1/2 กับ 1/7	ห้อง 1/2 กับ 1/9
ห้อง 1/3 กับ 1/4	ห้อง 1/3 กับ 1/6	ห้อง 1/3 กับ 1/7	ห้อง 1/4 กับ 1/5
ห้อง 1/4 กับ 1/6	ห้อง 1/4 กับ 1/7	ห้อง 1/5 กับ 1/6	ห้อง 1/5 กับ 1/7
ห้อง 1/6 กับ 1/7	ห้อง 1/8 กับ 1/9	ห้อง 1/8 กับ 1/10	

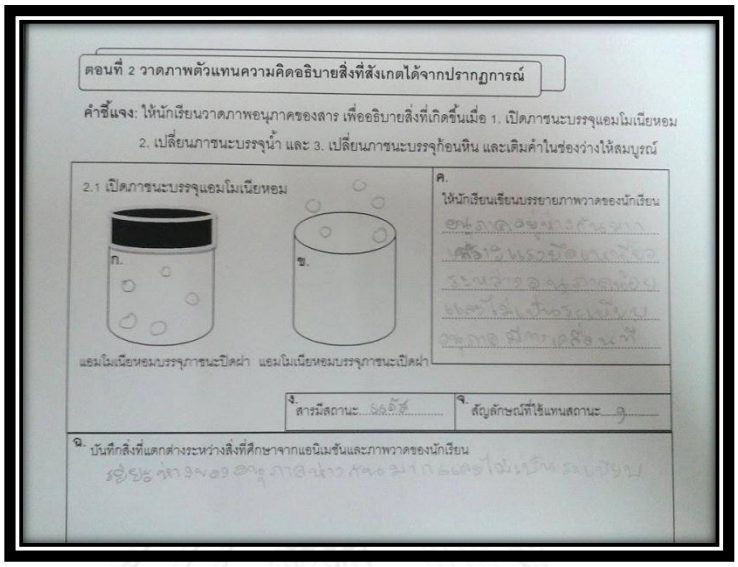
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

ภาพผลงานนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพผลงานนักเรียนจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย


ตอนที่ 2 วาดภาพตัวแทนความคิดอธิบายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพอนุภาครองสาร เพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อ 1. เปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม 2. เปลี่ยนภาชนะบรรจุน้ำ และ 3. เปลี่ยนภาชนะบรรจุก้อนหิน และเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 เปิดภาชนะบรรจุแอมโมเนียหอม

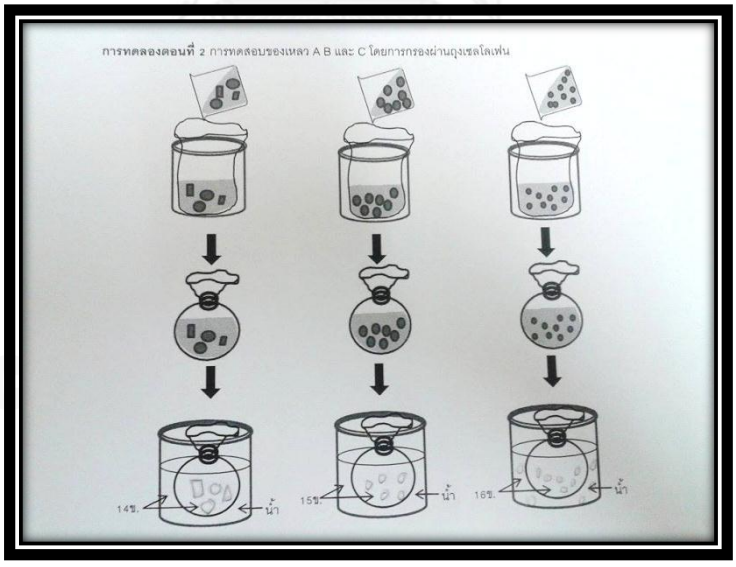
ก. ข.

แอมโมเนียหอมบรรจุภาชนะปิดฝา แอมโมเนียหอมบรรจุภาชนะเปิดฝา

ค. ให้นักเรียนเขียนบรรยายภาพวาดของนักเรียน

ง. สารมีสถานะ ของเหลว จ. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสถานะ ( )

ฉ. บันทึกสิ่งที่แตกต่างระหว่างสิ่งที่ศึกษาจากแอนิเมชันและภาพวาดของนักเรียน



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิยฉัตร พูนพิพัฒน์ เกิดวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนาจังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University