ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

อารยา ควัฒน์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ อารยา ควัฒน์กุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ดร.อัมรินทร์ อินทร์อยู่)

..... กรรมการ
(ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

..... กรรมการ
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ว่าที่เรือตรี ดร.อุทิศ บำรุงชีพ)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 9 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2558

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษ
ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.จันทร์พร พรหมมาศ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2557 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ส่วนหนึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวัฒนา คุณแม่สุจินตนา ควัฒน์กุล ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

อารยา ควัฒน์กุล

56910197: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน/ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์/ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

อารยา ควัฒน์กุล: ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Effects of Learning on Biomolecule Using Model-Based Learning to Develop Scientific Conceptions and Constructing Scientific Model Ability for Mathayomsuksa Six Students) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จันทร์พร พรหมมาศ, ค.ด., ภัทรภร ชัยประเสริฐ, ปร.ด. 201 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม และสุ่มอย่างง่ายอีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลาก ห้องที่ 1 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มทดลอง และห้องที่ 2 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

56910197: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: MODEL-BASED LEARNING/ SCIENTIFIC CONCEPTIONS/
CONSTRUCTING SCIENTIFIC MODEL ABILITY

ARAYA KAWATKUL: EFFECTS OF LEARNING ON BIOMOLECULE USING MODEL-BASED LEARNING TO DEVELOP SCIENTIFIC CONCEPTIONS AND CONSTRUCTING SCIENTIFIC MODEL ABILITY FOR MATHAYOMSUKSA SIX STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHANPHORN PROMMAS, Ph.D., PATTARAPORN CHAIPRASER, Ph.D. 201 P. 2015.

The objective of this research was to study effects of learning on Biomolecule using the Model-based learning method to develop scientific conceptions and constructing scientific model ability for Mathayomsuksa six students. The participants consisted of 72 students from two classes at Piboonbumpen Demonstration School in the first semester of the academic year 2014. The participants were randomly selected for an experimental (n=36) and a control (n=36) group using the cluster random sampling and the simple random sampling technique. The instruments used in this study were the lesson plans using the Model-based learning, the lesson plans using a regular approach, the scientific conceptions of Biomolecule test and the constructing scientific model ability test. The data were analyzed by using means, standard deviation, independent samples t-test and dependent samples t-test.

The research results were that the scientific conceptions of Biomolecule and the constructing scientific model ability of Mathayomsuksa six students after using the Model-based learning was statistically significant higher than using the regular approach at the .05 level. Additionally, the scientific conceptions of Biomolecule and the constructing scientific model ability of Mathayomsuksa six students after using the Model-based learning was statistically significant higher than the pre-test scores of that at the .05 level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

สมมติฐานของการวิจัย..... 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551..... 8

แนวคิดพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 14

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง..... 17

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 20

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 27

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 33

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 44

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย..... 44

รูปแบบการวิจัย..... 45

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 45

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 46

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 68

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 68

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 69

4 ผลการวิจัย..... 73

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 73

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 73

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 74

5 อภิปรายและสรุปผล..... 77

สรุปผลการวิจัย..... 78

อภิปรายผลการวิจัย..... 78

ข้อเสนอแนะ..... 81

บรรณานุกรม..... 83

ภาคผนวก..... 89

ภาคผนวก ก..... 90

ภาคผนวก ข..... 99

ภาคผนวก ค..... 155

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 201

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แบบแผนการทดลองแบบ Pretest-posttest, nonequivalent control group design	45
3-2	การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	46
3-3	การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล	48
3-4	การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ	53
3-5	การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล	54
3-6	การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	59
3-7	สัดส่วนความสำคัญที่คิดเป็นน้ำหนักร้อยละของรายการประเมินแบบจำลอง	64
3-8	เกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการประเมิน 3 ระดับ สำหรับการประเมินแบบจำลอง	65
4-1	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ	74
4-2	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	75
4-3	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ	75
4-4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	76
ข-1	ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน..... 102

ข-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์..... 104

ข-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 4เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน..... 106

ข-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน..... 108

ข-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน..... 110

ข-7 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์..... 112

ข-8 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์..... 114

ข-9 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน..... 115

ข-10 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์..... 116

ข-11 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน..... 117

ข-12 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน..... 118

ข-13 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน..... 119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-14 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์..... 120

ข-15 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 1เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์..... 121

ข-16 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน..... 123

ข-17 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์..... 125

ข-18 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน..... 127

ข-19 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน..... 129

ข-20 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน..... 131

ข-21 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบปกติที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์..... 133

ข-22 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์..... 135

ข-23 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน..... 136

ข-24 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์..... 137

ข-25 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน..... 138

ข-26 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน..... 139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-27 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน..... 140

ข-28 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไขและสเตอรอยด์..... 141

ข-29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล..... 142

ข-30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล..... 143

ข-31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการเขียนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 145

ข-32 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 146

ข-33 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)..... 147

ข-34 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (5E) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)..... 148

ข-35 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)..... 149

ข-36 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (5E) (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)..... 150

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 5
2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 25
3-1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 52
3-2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ..... 58
3-3 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 63
3-4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้าง
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 67

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาเคมีจัดเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งจะเห็นได้จากในปัจจุบันนี้มีการนำความรู้ทางด้านเคมีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น ล้วนอาศัยความรู้และหลักการของวิชาเคมีมาใช้ ทำให้ประเทศมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและด้านเศรษฐกิจมากขึ้นในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยจึงกำหนดให้นักเรียนได้เรียนวิชาเคมี โดยจัดเนื้อหาวิชาเคมีอยู่ในสาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, หน้า 110-113) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเรื่องของสสาร ที่เกี่ยวกับองค์ประกอบ โครงสร้าง และสมบัติของสสาร รวมไปถึงปฏิกิริยาเคมี ทั้งในระดับมหภาค ระดับโมเลกุล และระดับสัญลักษณ์ ซึ่งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีที่กำหนดให้เรียนจึงมีจำนวนมาก ค่อนข้างซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนวิชาเคมี คือ นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้หมดและไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่าง ๆ ได้ (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, หน้า 3) อีกทั้งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่อยู่ในระดับจุลภาคเกี่ยวข้องกับเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ จึงทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555, หน้า 1) นอกจากนี้จากการสังเกตชั้นเรียน สัมภาษณ์นักเรียน และครูผู้สอนวิชาเคมี นักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก น่าเบื่อ และไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้นักเรียนไม่สนใจเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมีต่ำไม่เป็นที่น่าพอใจสำหรับครูและนักเรียน โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุล ในส่วนของโปรตีนและลิพิดที่ส่วนใหญ่กล่าวถึงชนิดและโครงสร้าง ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม และจัดอยู่ในระดับจุลภาคซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ และถูกตีความหมายออกมาเป็นเนื้อหาในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งอาจจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นไปอีก เช่น เรื่องสมบัติและปฏิกิริยาของโปรตีนและลิพิด ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ สอดคล้องกับการศึกษาของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (ม.ป.ป.) พบว่า ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์

ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554-2556 มีปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ คือ 27.90 33.10 และ 30.48 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้สูงยิ่งขึ้น

นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้เคมี ซึ่งพบว่า การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์และนักเคมีที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะใช้การทดลองค้นคว้าจนได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, หน้า 14) แล้วใช้การสร้างแบบจำลองในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ผ่านการวาดภาพ กราฟ สมการ หรือข้อความเพื่ออธิบายหรือสื่อสารความเข้าใจของตนเองซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นแบบจำลองทางความคิด (National Center for Mathematics and Science [NCMS], 2002) จากนั้นนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี (Gilbert, Bouter, & Elmer, 2000) เนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิดและการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison & Treagust, 2000, p. 1011) ดังนั้น ในการเรียนรู้วิชาเคมี ครูควรสอนให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ก, หน้า 110-113) การสอนในลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และยังช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

แบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายหลักการ ทฤษฎี กฎต่าง ๆ เป็นการสื่อสารระหว่างโลกของวิทยาศาสตร์มาสู่ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง การสอนเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาเคมีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิด และพยายามอธิบาย

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้และการคิดของนักเรียน เริ่มต้นจากการที่นักเรียนมีประสบการณ์กับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ไม่ว่าจะโดยวิธีใด ๆ เช่น การรับรู้ การคิด การอ่าน การเห็น การจินตนาการ การเรียนรู้ การได้ยิน การทดลอง และการใช้ประสาทสัมผัส จากนั้นจึงเกิดกระบวนการสร้างแบบจำลองภายใน (Internal modeling) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างองค์ความรู้ (Cognitive construction) โดยองค์ความรู้ที่ได้มาก็คือ แบบจำลองทางความคิด (Mental model) ซึ่งนักเรียนสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดออกมาได้โดยการสร้างแบบจำลองภายนอก (External modeling) ขึ้นมา (สุทธิดา จำรัส, 2555) กระบวนการสร้างแบบจำลองภายนอกนี้มีหลายวิธี เช่น แสดงออก พูด เขียน วาด อธิบาย สร้างแบบจำลองทางกายภาพ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ซึ่งเมื่อนักเรียนสร้างออกมาแล้ว แบบจำลองเหล่านี้จะกลายเป็นแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ถ่ายทอดออกมาจากแบบจำลองทางความคิด ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการทดสอบและประเมินแบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น รวมทั้งขยายแบบจำลอง (Elaboration) เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004, p. 24; Gobert & Buckley, 2002, p. 892)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของ ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552, หน้า 67-97) และณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง (2554, หน้า 306) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยของ ฮามีด๊ะ มูสอ (2555, หน้า 97) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554, หน้า 94) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์ในเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยพัฒนาให้เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาโดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำแบบจำลองมาใช้เป็นฐานในการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนเคมี

และมีลักษณะเป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และช่วยจัดระบบเนื้อหาวิชาที่มีจำนวนมากและซับซ้อนผ่านการสร้างและใช้แบบจำลอง อีกทั้งถ้านักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้ทำนาย อธิบาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ จะช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์การใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการนำความรู้ไปใช้เพิ่มมากขึ้น และสามารถสร้างแบบจำลองที่แสดงมโนทัศน์ได้ชัดเจนในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

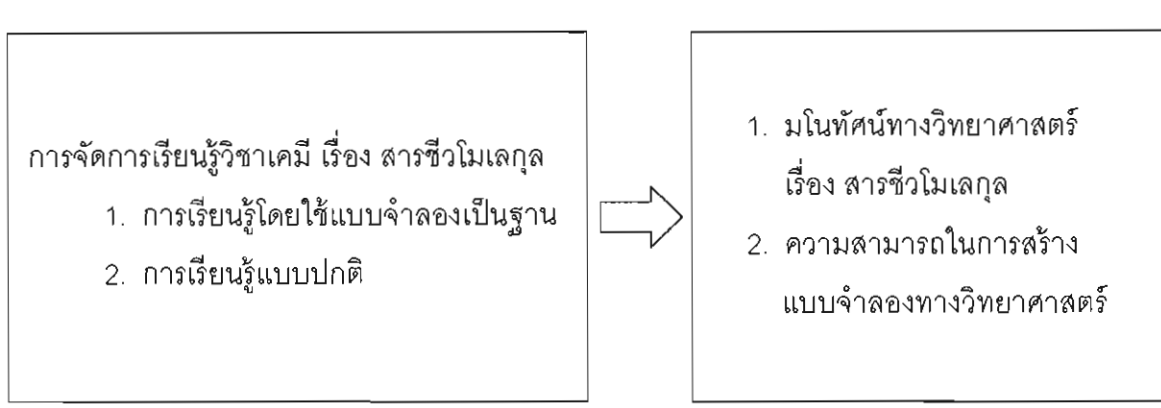
1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมมติฐานของการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ
2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าก่อนเรียน
3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ
4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความรู้และสามารถศึกษาต่อในระดับสูงหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

2. เป็นแนวทางหนึ่งสำหรับครูผู้สอนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมีโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นซึ่งทำให้ยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 รวม 4 ห้องเรียน จำนวน 140 คน ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบปกติ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) และสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) อีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลากแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ในส่วนของโปรตีนและลิพิด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 14 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดขึ้นโดยมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิด ออกแบบแบบจำลองเพื่อใช้และสะท้อนออกมาในลักษณะของการอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้น เรียงลำดับดังนี้

1.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือศึกษา โดยครูใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้สื่อ ใช้การซักถาม เพื่อสร้างความสนใจและนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ นักเรียนคิดวางแผน อภิปราย และให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

1.2 ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียน พร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่อง

ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้น

1.3 ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม โดยนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ภาพที่นักเรียนสะท้อนออกมาจากความคิดของตัวเอง โดยผ่านการให้เหตุผลที่ใช้ความรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุลเป็นพื้นฐาน เพื่อใช้บรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

3. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (Inquiry cycle) เรียงลำดับดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูกำหนดปัญหาหรือสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา ครูจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมร่วมกัน มีการวางแผน ตั้งสมมติฐาน และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่เป็นผู้แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน

3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ผล แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

3.4 ขั้นขยายความรู้ นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม

3.5 ขั้นประเมิน ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยครูจะทำการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับ

4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ซึ่งวัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนใช้ความรู้และความคิดเพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ โดยวัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แนวคิดพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
6. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 3-6,10-12) ได้กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งสรุปรายละเอียดดังนี้

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิตโดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1-มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2. ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1: เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2: เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1: เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ

และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เป็นแนวทางในการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เช่น ข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ แนวทางการวัดและประเมินผล รวมไปถึงนำมาใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น กำหนดตัวชี้วัดในการเรียน กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เป็นต้น

แนวคิดพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน นักเรียนจะมีโอกาสใช้กระบวนการสังเกต การสำรวจตรวจสอบและการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และนำผลมาจัดระบบให้สอดคล้องกับหลักการ แนวคิด และทฤษฎี เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ครั้งนั้น ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงได้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติและค้นพบทั้งความรู้และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้

โดยกรมวิชาการระบุว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 3)

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

กล่าวโดยสรุป เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งเสริมกระบวนการทางปัญญาของนักเรียนรวมถึงการสร้างจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องการให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ไปพร้อมกันด้วย

นอกจากนี้ ครูวิทยาศาสตร์ต้องปลูกฝังให้นักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ เพื่อนำมาใช้อ้างอิงทั้งในการสนับสนุนหรือโต้แย้งเมื่อมีการค้นพบข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ หรือแม้แต่ข้อมูลเดิมเดียวกันก็อาจจะเกิดความขัดแย้งขึ้นได้ถ้านักวิทยาศาสตร์แปลความหมายด้วยวิธีการหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน ความรู้วิทยาศาสตร์จึงอาจเปลี่ยนแปลงได้

สมาคมพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2001) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ สรุปได้ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะถูกปรับปรุงเมื่อขัดแย้งกับข้อมูลใหม่จนนำไปสู่การสร้างทฤษฎีที่ดีกว่า และทฤษฎีใหม่นี้ก็นำไปสู่การสังเกตด้วยวิธีการใหม่ ๆ กล่าวคือ อาจจะมีหลายทฤษฎีที่เหมาะสม

กับผลการสังเกต ทฤษฎีใหม่อาจจะมีความเหมาะสมกว่า ดีกว่า หรืออธิบายผลการสังเกตได้กว้างกว่า ในวิชาวิทยาศาสตร์การทดสอบ การปรับปรุง การปฏิเสธทฤษฎีเก่าและยอมรับทฤษฎีใหม่เกิดขึ้นตลอดเวลาไม่มีที่สิ้นสุด กระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้นำไปสู่การเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติมากขึ้น แต่ความรู้ที่ได้มานี้ก็ไม่ใช่ความจริงที่สมบูรณ์ หลักฐานที่ใช้ประเมินค่าความรู้เหล่านี้ได้มาจากการพัฒนาในการเสนอคำอธิบายที่น่าเชื่อถือและสร้างการทำนายที่ถูกต้อง ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมเงื่อนไขเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน แต่บางครั้งถ้าไม่สามารถควบคุมได้ อาจเป็นเหตุผลทางศีลธรรม นักวิทยาศาสตร์ก็จะพยายามสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติให้ครอบคลุมและได้ข้อมูลมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อค้นหารูปแบบของข้อมูล แล้วทฤษฎีจะได้รับการยอมรับหรือไม่นั้น ตัดสินจากทฤษฎีนั้นมีความสอดคล้องกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปหรือไม่ ขอบเขตของการสังเกตที่ทฤษฎีอธิบายได้ ทฤษฎีอธิบายผลการสังเกตได้ดีหรือไม่ และมีอำนาจในการทำนายข้อมูลใหม่ ๆ ที่ถูกค้นพบมากน้อยเพียงใด

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า แนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไม่ได้มุ่งเน้นที่เนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่ได้ให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด ตลอดจนการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรมไปด้วย ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้สืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม มาเป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเอง ในปัจจุบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เรียกว่า Inquiry cycle (5E) ไว้ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 219 - 220)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวผู้เรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ

ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ (Piaget) (ทิศนา แขมมณี, 2555) ได้อธิบายว่า โครงสร้างทางความคิดของบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เป็นผลจากการที่บุคคลนั้นมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว โดยเพียเจต์เชื่อว่าบุคคลมีการพัฒนาสติปัญญาเป็นลำดับขั้นตามวัย ดังนี้

1. ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-motor period) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี ความคิดของเด็กขึ้นกับการรับรู้และการกระทำ

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

3. ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational period) ในขั้นนี้เด็กจะมีอายุระหว่าง 7-11 ปี ซึ่งสามารถสร้างภาพในใจ คิดย้อนกลับ เข้าใจความสัมพันธ์ของตัวเลขและสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น และแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นรูปธรรมได้ แต่ยังไม่สามารถสร้างจินตนาการเกี่ยวกับเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้

4. ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) เด็กในขั้นนี้มีอายุระหว่าง 11-15 ปี เด็กที่มีพัฒนาการในขั้นนี้สามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรม คิดตั้งสมมติฐานได้ และใช้เหตุผลได้ดี ตลอดจนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

แนวความคิดของเพียเจต์เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสติปัญญา ซึ่งเกิดจากการที่บุคคลเกิดการเรียนรู้จากกระบวนการดูดซึม (Assimilation) ข้อมูลและประสบการณ์ต่าง ๆ เข้าไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางสติปัญญาเดิม เป็นเหตุให้โครงสร้างเดิมเปลี่ยนไป แต่หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) ซึ่งบุคคลต้องใช้กระบวนการปรับโครงสร้าง (Accommodation) เพื่อปรับให้อยู่ในภาวะสมดุล (จันทร์พร พรหมมาศ, 2555)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ครูควรจัดกระบวนการสอนในลักษณะ ดังนี้

1. ครูควรจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยให้สอดคล้องและเหมาะสมกับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน เช่น เด็กที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรม ประสบการณ์การเรียนรู้ควรมีลักษณะที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำโดยใช้ของจริง (Hands-on) นอกจากนี้ไม่ควรบังคับให้นักเรียนเรียนในขณะที่ยังไม่พร้อม เพราะอาจจะทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน

2. ครูควรเริ่มสอนจากสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์เดิมก่อน แล้วค่อยนำเสนอสิ่งใหม่ที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือสิ่งเก่า ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

3. ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์หลากหลายและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวของผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาของตน หากสิ่งที่รับเข้าไปใหม่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญากับประสบการณ์เดิม นักเรียนจะต้องใช้กระบวนการปรับโครงสร้าง ช่วยสร้างความหมายของข้อมูลใหม่และข้อมูลเก่าให้แก่ตนเอง

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) และวีก๊อทสกี้ (Vygotsky) โดยเพียเจต์อธิบายว่าทุกคนมีการพัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาโดยผ่านทางกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับโครงสร้าง เพื่อให้สติปัญญาของคนอยู่ในสภาวะสมดุล เพียเจต์เชื่อว่า สติปัญญาของคนเราพัฒนาไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อม การถ่ายทอดความรู้

ทางสังคม (Social transmission) วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุล ในขณะที่วีก๊อทสกี้ให้ความสำคัญกับปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ภาษา และวัฒนธรรมที่มีผลต่อการเรียนรู้ การเรียนรู้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และความรู้เป็นสิ่งที่คนในสังคมร่วมกันสร้างขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2555)

แม้ว่าหลักการของเพียเจต์ (Piaget) และวีก๊อทสกี้ (Vygotsky) จะมีลักษณะที่แตกต่างกันในเรื่องการอธิบายว่านักเรียนสร้างความรู้อย่างไร แต่ก็ยังมีความเห็นร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของ Constructivism คือ นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้และความเข้าใจที่มีอยู่เดิม การมีปฏิสัมพันธ์กับสังคมและวัฒนธรรมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และการจัดสภาพแวดล้อมหรือกิจกรรมให้สอดคล้องกับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544)

ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ความรู้เป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนาตลอดเวลา ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นภายในตัวบุคคลโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม สิ่งต่าง ๆ มีความหมายขึ้นมาจากการคิดของคนที่รับรู้สิ่งนั้น สิ่งต่าง ๆ ในโลกจึงไม่มีความหมายที่ถูกต้อง แต่ขึ้นกับการให้ความหมายของคนในโลก ทฤษฎีนี้จึงให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของคนที่ใช้แปลความหมายและสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์เหล่านั้น การแปลความหมายของแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับการรับรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความสนใจ และภูมิหลังของคนนั้นซึ่งมีความแตกต่างกัน การสร้างความหมายจึงเป็นเรื่องที่คนเราต้องใช้กระบวนการทางปัญญาในการจัดกระทำกับข้อมูลที่รับรู้ ทั้งนี้ความรู้ที่สร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ตลอดเวลาเมื่อมีการทดสอบความรู้ความเข้าใจกับสถานการณ์ใหม่

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

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

1. ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงลงมือปฏิบัติงาน (Hands on) หรือทำการทดลอง (Investigation labs) ด้วยตนเอง พร้อมทั้งให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัว

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

3. สร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (Sociomoral) ให้เกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ โดยจัดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม (Group work) เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างนักเรียนซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนกว้างขวางขึ้น

4. ควรมีการประเมินผลในลักษณะที่เป็น Goal free evaluation กล่าวคือ เป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของนักเรียนแต่ละคนและการวัดผลควรใช้วิธีการที่หลากหลาย โดยอาศัยบริบทจริง และควรประเมินผลที่เน้นกิจกรรมการคิดระดับสูง (Higher-level assessment)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง

แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษจากคำว่า Model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทย โดยใช้คำว่าโมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ แบบแผน ตัวแบบ ซึ่งแบบจำลองมีความหมายว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า "เป้าหมาย" (Target) ซึ่งได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Gilbert & Ireton, 2003; Gilbert et al., 2000)

แบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมในแบบรูปธรรม ช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดย Justi and Gilbert (2002, pp. 369-387) ได้สรุปบทบาทที่สำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ คือ 1) เป็นตัวแทนของเอกลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น 2) ทำให้เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น 3) เป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง 4) ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา 5) เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนาย ซึ่งแบบจำลองนั้นเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยในการสร้างแบบจำลองจะมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง แบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย

(เช่น แบบจำลองรถไฟ) หรือมีขนาดใกล้เคียงกับเป้าหมาย (เช่น แบบจำลองอวัยวะของมนุษย์) หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ (เช่น แบบจำลองไวรัส) (Gilbert et al., 2000)

ประเภทของแบบจำลอง

Gilbert (2005); Gilbert et al. (2000) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองดังนี้

1. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามพื้นฐานของหลักภววิทยา (Ontology) หรือแบ่งตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2 แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด และท่าทาง เป็นต้น

1.3 แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลองประสบการณ์ และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5 แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง

2. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

2.1 แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) คือ แบบจำลองของวัตถุ 3 มิติเป็นตัวแทนไนการอธิบาย เช่น ใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) คือ แบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) คือ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอนสไตน์แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานและมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

2.4 แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or diagrammatic model) คือ แบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด และรูปภาพภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5 แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) คือ แบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบเพื่อน ๆ เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

จากความหมาย ความสำคัญ และประเภทของแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือระบบความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้วิทยาศาสตร์ โดยสามารถนำแบบจำลองมาใช้เพื่อการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ สิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำพูด สูตร สมการเคมี และสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

การสร้างแบบจำลองมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยจะสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ประการหลัก คือ ประการแรก การสร้างแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองทางการแสดงออกเพื่อนำเสนอต่อสาธารณชนซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์ หรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ประการที่สอง การใช้แบบจำลองในการแสดงออกเพื่อการตรวจสอบการทดลองโดยเป็นส่วนสำคัญช่วยให้ทำความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และประการที่สาม คือ แบบจำลองประวัติศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1993) ดังนั้นการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อาจจะเกิดจากการผสมผสานของแบบจำลองหลากหลายชนิดที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์นั้น ๆ ที่ต้องการสื่อความหมาย

ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้มีลักษณะที่สำคัญดังที่ Gilbert and Ireton (2003) เสนอไว้ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่า "ไม่เป็นของจริง" ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า "เป็นของปลอม"

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทน

ของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์ เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) แบบจำลองจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) แบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง หลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองค้นคว้าได้ข้อสรุป หลักการหรือกฎใหม่ ๆ แล้ว นักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่า แบบจำลองต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการหรือกฎเหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์ควรให้นักเรียนได้ฝึกสร้างหรือปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนฝึกปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ ครูควรพยายามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ถ้าอธิบายไม่ได้ก็ควรให้นักเรียนลองหรือสร้างแบบจำลองใหม่มาอธิบาย ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้เรียกว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Gilbert et al., 2000)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่องโดยหลักการในจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (Express model) ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ และรูปภาพ เป็นต้น ต่อมานักเรียนทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น รวมทั้งขยายแบบจำลอง (Elaboration) เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004, p. 24; Gobert & Buckley, 2002, p. 892) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการดังกล่าวสนองกับ

ธรรมชาติของการเรียนรู้ของนักเรียนคือจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วของนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น

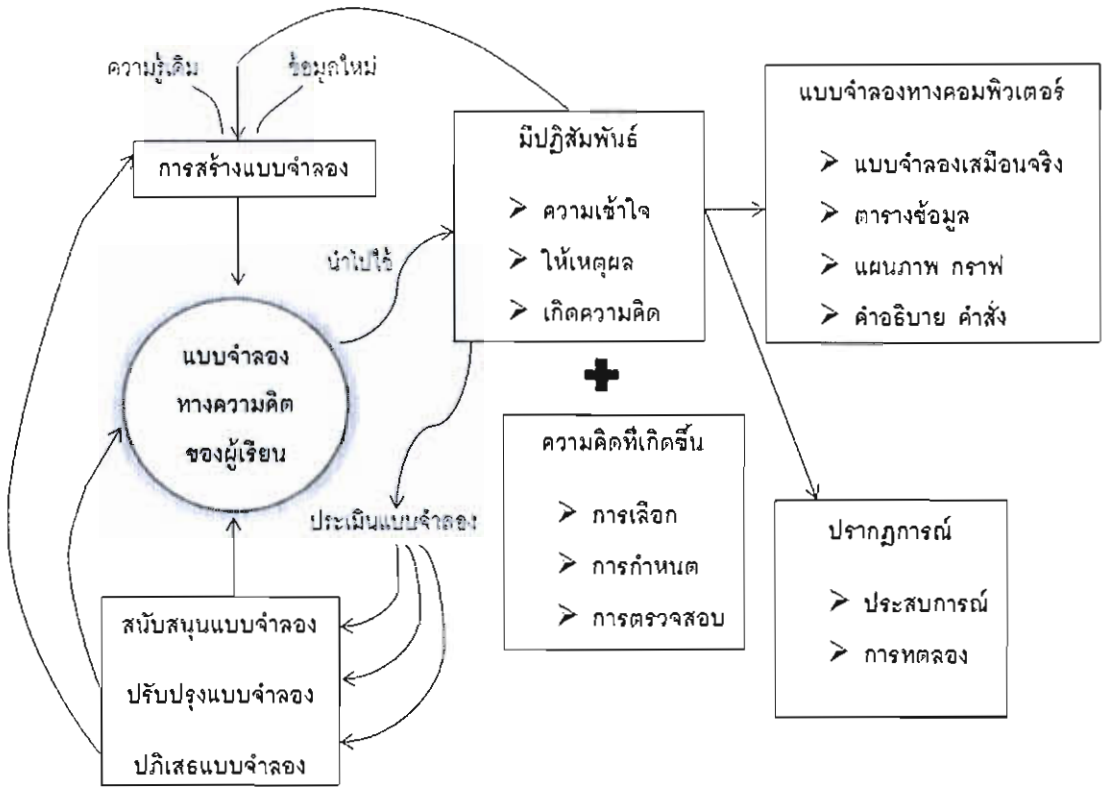
ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการบนพื้นฐานระหว่างแนวคิดพุทธิปัญญา (Cognitive psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science education) (Buckley et al., 2004, p. 169) โดยมีแนวคิดหลักว่า "ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนักเรียนได้มีการแก้ปัญหา (Problem-solving) การลงข้อสรุป (Inferencing) หรือการให้เหตุผล (Reasoning)" (Johnson-Laird, 1983 cited in Buckley et al., 2004, p. 23) และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบูรณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่ และได้ขยายความรู้ต่อไป (Gobert & Buckley, 2002, p. 892)

Gobert and Buckley (2002, p. 892) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง
4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น
5. ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Buckley et al. (2004, p. 24) ได้สรุปกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากภาพที่ 2-1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้เสนอกระบวนการการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ว่า เมื่อครูมอบหมายงานนักเรียนจะเริ่มต้นเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิมและสารสนเทศใหม่ที่ได้รับในระหว่างการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมความรู้มาจากหลาย ๆ แหล่ง อันได้แก่ ประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากปรากฏการณ์ ประสบการณ์ที่ได้รับผ่านวีดิทัศน์หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการแสดงการเป็นตัวแทนที่หลากหลาย (Representations) และแบบจำลองที่แสดงออก เป็นต้น และความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์เพียงบางส่วนหรือแบบจำลองที่ยังไม่สมบูรณ์ซึ่งยังไม่สอดคล้องหรือไม่ครอบคลุมกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางความคิดนี้ ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะใช้เพื่อทำความเข้าใจ

และประเมินแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้น รวมไปถึงเพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองตามภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จ กล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้อง และ/หรือ แบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าว และสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้น โดยการปรับปรุงแก้ไขเพียงบางส่วนหรืออาจเพิ่มเติมและรวบรวมแบบจำลองที่มีอยู่เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญจะสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงการเป็นตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์โดยมีความสอดคล้องและเป็นไปตามภาระงานที่ได้รับ (Buckley et al., 2004, p. 24)

จากแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนที่ครูจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่อง หลักการในการจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) ที่เป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา ต่อมานักเรียนจึงนำเสนอแนวคิดของตนเองโดยแสดงออกเป็นแบบจำลอง (Express model) ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น นักเรียนทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้เพื่อสนับสนุนปรับปรุงหรือปฏิเสธแบบจำลองหากไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้น ๆ โดยให้ครูมีส่วนร่วมในการประเมินด้วย เมื่อนักเรียนปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้มีความเหมาะสมแล้วจึงนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยการประยุกต์ใช้รูปแบบของ Gobert and Buckley (2002, p. 892) และ Buckley et al. (2004, p. 24) โดยปรับขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนเรียงลำดับต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง ครูใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้สื่อ ใช้การซักถาม เพื่อสร้างความสนใจและนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ นักเรียนคิด วางแผน อภิปรายให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

2. ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้น

3. ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม โดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์เป็นคำศัพท์ที่ราชบัณฑิตยสถาน (2542) บัญญัติใช้แทนคำภาษาอังกฤษว่า "concept" ในภาษาอังกฤษ ซึ่งหมายถึง การคิดถึงหรือจินตนาการถึงบางสิ่ง การเกิดแนวคิดหรือความเข้าใจต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งมีการใช้คำอื่นที่มีความหมายเดียวกัน เช่น ความคิดรวบยอด แนวคิด มโนมติ มโนภาพ เป็นต้น โดยนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่ามโนทัศน์ ไว้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 3) ได้ให้ความคิดเห็นว่ามโนทัศน์ เป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้ บุคคลนั้นจะนำการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา จะทำให้เกิดมโนทัศน์ ซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น และทำให้เขามีความรู้ขึ้น แต่ละบุคคลย่อมมีมโนทัศน์ เกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้นอาจกล่าวได้ว่ามโนทัศน์ เป็นความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการนำการเรียนรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

สุรางค์ โค้วตระกูล (2544, หน้า 342) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่าเป็นคำที่เป็นนามธรรมใช้แทนสัตว์ วัตถุ สิ่งของที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยถือลักษณะร่วมที่สำคัญเป็นเกณฑ์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545, หน้า 2) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง ภาพในความคิดที่เปรียบเสมือน "ภาพตัวแทน" หมวดหมู่ของวัตถุ สิ่งของ แนวคิด หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคล้าย ๆ กัน

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 10) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นแล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น

ราชบัณฑิตยสถาน (2551, หน้า 83) กล่าวว่า มโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอด คือภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่เป็นลักษณะเฉพาะหรือลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น ในสิ่งหรือประเด็นเดียวกันบุคคลอาจมีมโนทัศน์แตกต่างกันก็ได้

จากนิยามของมโนทัศน์ดังกล่าวสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิมแล้วจำแนกคุณลักษณะของสิ่งเหล่านั้น โดยถือคุณลักษณะที่เหมือนกันเป็นเกณฑ์มาสรุปหรือให้คำจำกัดความของสิ่งนั้น

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

คำว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีผู้ให้ความหมาย ดังนี้

Klopler (1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

Sund and Trowbridge (1973) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษาสังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (Concrete objects) เช่น เซลล์ หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น ทฤษฎีจลน์ของสาร การอุปนัย หรือกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540, หน้า 45) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Children's science) ไว้ว่า เป็นความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอยู่และต่อความหมายของคำที่นักเรียนได้รับก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้พัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามที่จะเข้าใจโลกที่เขาอาศัยอยู่นั้น โดยอาศัยประสบการณ์ ความรู้ในปัจจุบัน และจากภาษาของตนเอง

ปิยะนัฐ นันทการณ์ (2551, หน้า 30) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจโดยสรุปที่มีวัตถุ กระบวนการต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งเกิดจากการใช้

ประสาทสัมผัสมาศึกษาสังเกต จัดจำแนกประเภทและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ โดยความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดและความเข้าใจโดยสรุปของนักเรียนที่มีต่อวัตถุ กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการสังเกต การจัดหมวดหมู่ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ผ่านความรู้และประสบการณ์ที่หลากหลายมาประมวลเข้ากันเป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น ๆ

กระบวนการสร้างมโนทัศน์

การสร้างมโนทัศน์ (Concept formation) หมายถึง กระบวนการพัฒนามโนทัศน์ ซึ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างมโนทัศน์ทางการศึกษาที่รู้จักโดยทั่วไป คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive development) ของเพียเจต์ บรูเนอร์และไวก๊อทสกี้ โดยการสร้างมโนทัศน์เกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor stage) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational period) ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operations) และขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Formal operations stages) (Page & Thomas, 1997, p. 81)

กระบวนการสร้างมโนทัศน์ จะใช้วิธีการแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมของแต่ละคน (สมพงษ์ สิงหะพล, 2531, หน้า 117) แต่กระบวนการคิดที่สำคัญของมนุษย์ที่เหมือนกันในการสร้างมโนทัศน์ คือ กระบวนการจัดประเภท (The process of categorizing) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ทำให้เข้าใจมโนทัศน์ของสิ่งต่าง ๆ โดยนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้หลากหลาย ดังนี้

Lapp, Bender, Ellenwood, and John (1975, p. 178) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. การระบุหรือเขียนรายการ (Enumeration or listing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยใช้คำถามว่าสังเกตเห็นอะไร ได้ยินอะไรบ้าง

2. การจัดกลุ่ม (Grouping) เป็นขั้นตอนระบุลักษณะทั่วไป โดยใช้คำถามว่าอะไรจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

3. ติดป้าย หรือจัดประเภท (Labeling or categorizing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นการจำแนกลำดับของสิ่งที่ศึกษาว่าสิ่งใดเป็นหลักสำคัญ และสิ่งใดรองลงมา โดยใช้คำถามว่าเราจะเรียกกลุ่มนี้ว่าอย่างไร อะไรที่เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งนี้อีก (What belongs under what?)

Weil and Joyce (1978, p. 30) ได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ

1. การสร้างประเภท (Category formation) เป็นกิจกรรมแรกที่เกิดขึ้น โดยที่มนุษย์จะสร้างมโนทัศน์ของบางสิ่งก่อนที่จะรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไร ซึ่งกิจกรรมในส่วนนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้า แยกประเภทสิ่งต่าง ๆ เช่น การแบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้ลักษณะร่วมกันและต่างกัน เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ถือเป็นการก่อรูปมโนทัศน์ขึ้นมา

2. การเกิดมโนทัศน์ (Concept attainment) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนบอกได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งนั้น ๆ คืออะไร โดยใช้วิธีการยกตัวอย่าง และบอกสมบัติพื้นฐานและสมบัติเฉพาะของมโนทัศน์นั้นได้ ซึ่งตัวอย่างที่นักเรียนยกมาประกอบนี้ต้องเป็นตัวอย่างที่สร้างขึ้นใหม่ ไม่ได้ยกตามบทเรียน จึงเกิดมโนทัศน์ขึ้นมา

Arends (1998, p. 299) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. นำเสนอตัวอย่างสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่ โดยตัวอย่างที่ดีจะต้องชัดเจนสามารถบอกได้ว่าอะไรใช่ตัวอย่าง หรือไม่ใช่ตัวอย่าง

2. กระตุ้นให้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของมโนทัศน์นั้น และให้เหตุผลในการคาดเดานั้น โดยครูจะคอยถามคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดได้ตรงจุดที่ต้องการ และให้นักเรียนเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง

3. เมื่อนักเรียนเริ่มมองเห็นมโนทัศน์ ให้เขียนชื่อมโนทัศน์นั้นพร้อมรายละเอียดกระบวนการที่ใช้ระบุสิ่งนั้น ก่อนเรียนนักเรียนอาจจะเดา แต่ครูจำเป็นที่จะต้องนำเสนอสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างจนกระทั่งนักเรียนจำแนกได้อย่างชัดเจนและรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไรชื่อว่าอะไร

4. ครูตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนได้โดยเพิ่มตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ แล้วถามนักเรียนต่อว่าเพราะเหตุใดสิ่งนั้นจึงใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง และให้นักเรียนลองยกตัวอย่างสิ่งที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างด้วยตนเอง

โดยสรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. นำเสนอตัวอย่างของสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่มโนทัศน์

2. ใช้ประสาทสัมผัสมาพิจารณา ตัวอย่างเช่น การสังเกต การได้ยิน

3. เปรียบเทียบรายละเอียดโดยใช้ลักษณะร่วมกัน และต่างกัน เพื่อจำแนกประเภทสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่มโนทัศน์

4. จัดกลุ่มให้รายละเอียดภายในสามารถบอกลักษณะเฉพาะของตัวอย่างแต่ละประเภท

5. เชื่อมโยงลักษณะเฉพาะกับตัวอย่างอื่น ๆ

แนวทางการวัดมโนทัศน์

การที่จะทราบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนหรือไม่อย่างไร สามารถทำได้โดยการวัด หรือการสำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว โดย Carnegie Mellon (2012) ซึ่งเป็นหน่วยงานด้านการประเมิน การออกแบบด้านการสอนและการเรียนรู้ ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบวัดมโนทัศน์ (Concept test) ว่า "ควรตรวจสอบมโนทัศน์ด้านความเข้าใจหรือการนำไปใช้ของนักเรียนมากกว่าการทดสอบความรู้ความจำ" จากการศึกษาพบว่ามีนักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดที่กำหนดให้เลือกตอบ (Selected response items) ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ แบบถูก-ผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อย และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้ (Cruickshank, Bainer, & Metcalf, 1995, pp. 308-312)

2. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดที่กำหนดให้เขียนตอบ (Created response items) ได้แก่ แบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบของตนเองมากกว่าการเลือกคำตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญาองค์ความรู้ที่มี และมโนทัศน์ของนักเรียนได้ (Cruickshank et al., 1995, pp. 308-312)

3. การวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้นักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple choice format) (Odum & Kelly, 2001, pp. 616-635 อ้างถึงใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554, หน้า 81-82) ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 มี 4 เหตุผลสนับสนุน

4. การวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple-choice format) (Cem et al., 2003, pp. 134-135 อ้างถึงใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554, หน้า 81-82) ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเพื่อทดสอบความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา (Content knowledge) ซึ่งประกอบด้วย 3-4 ตัวเลือก

ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมีเหตุผลสนับสนุน คือ เหตุผลสนับสนุน 3 เหตุผลแรกเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และเหตุผลสนับสนุนที่ 4 เป็นเหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้อง

5. การวัดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ โดยใช้แบบวัดชนิดปรนัยทั้งคำตอบและเหตุผล (Two-tiered multiple choice test) (โสภาพรรณ แสงศัพท์, 2538) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของคำตอบ และส่วนของเหตุผล โดยมีหลักการให้คะแนนดังนี้

5.1 เลือกคำตอบได้ถูกต้องทั้ง ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ได้1คะแนน

5.2 เลือกคำตอบได้ถูกต้องในตอนที่ 1 แต่เลือกคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่เลือกคำตอบในตอนที่ 2 ได้ 0 คะแนน

5.3 เลือกคำตอบไม่ถูกต้องในตอนที่ 1 และเลือกคำตอบในตอนที่ 2 ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ได้ 0 คะแนน

5.4 กรณีเลือกคำตอบได้ถูกต้องในตอนที่ 1 แต่ไม่เลือกคำตอบในตอนที่ 2 ซึ่งผู้ตอบได้ให้เหตุผลลงในช่องว่างที่ให้ไว้ได้ 1 คะแนน ถ้าเหตุผลดังกล่าวได้รับการตัดสินว่าถูกต้องจากครูฟิสิกส์อย่างน้อย 2 คน ในทางตรงกันข้ามถ้าเหตุผลดังกล่าวไม่ถูกต้องจะได้ 0 คะแนน

6. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ แบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด (Open-ended questions) คำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่ไม่ได้เตรียมตัวเลือกไว้ โดยให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเองตามประเด็นที่ถาม คำถามในลักษณะนี้ ใช้เมื่อผู้วิจัยต้องการความหลากหลายของคำตอบในเรื่องที่คิดว่ายังไม่อาจคาดคำตอบที่เป็นไปได้อย่างครอบคลุม ในบางครั้งอาจได้คำตอบที่เป็นข้อมูลที่น่าสนใจหรือเป็นประเด็นที่ไม่ได้คาดคิดไว้ก่อน อย่างไรก็ตามแบบวัดแบบปลายเปิดก็มีข้อจำกัด ดังนี้ (ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล, 2544)

6.1 ผู้ตอบต้องใช้เวลาในการคิดและการเขียน

6.2 บางครั้งอาจได้คำตอบที่ไม่ตรงประเด็น

6.3 ข้อมูลที่ได้อาจหลากหลาย นำไปวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ยาก

7. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้ ความเข้าใจ ออกมาเป็นคำพูดเป็นภาษาของตนเอง (นิศา ชูโต, 2551) ในการสัมภาษณ์มีหลายวิธีการ ดังนี้

7.1 การสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง (Highly structured interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการเตรียมคำถามไว้ล่วงหน้า ซึ่งมีทั้งคำถามปิดและคำถามเปิด โดยมีการเรียงข้อคำถามไว้ตามลำดับแล้ว

7.2 การสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง (Semi structured interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีกรอบกว้าง ๆ ใช้คำถามปลายเปิดตามกรอบที่กำหนดไว้

7.3 การสัมภาษณ์ชนิดไม่มีโครงสร้าง (Unstructured interview) เป็นการสัมภาษณ์ในลักษณะการพูดคุยกันแบบธรรมดา ไม่มีข้อมูลกำหนดกฎเกณฑ์ที่แน่นอน โดยผู้สัมภาษณ์มีอิสระ ในการดัดแปลงแก้ไขข้อคำถาม ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ได้

8. การวัดมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะแบบวัดเป็นชนิดปรนัยแบบสองตอน (Two-tier multiple choice format) (โกเมศ นาแจ้ง, 2554, หน้า 86) ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหาที่กำหนดสถานการณ์ (Content tier)

ตอนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกตอบ (Reason tier)

กล่าวโดยสรุป แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นการตรวจสอบความคิดและความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นชนิดปรนัยแบบสองตอน (Two-tier multiple choice format) โดยตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา (Content tier) และตอนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกตอบ (Reason tier)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากผลการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษ 4 คำ คือ Modeling, Making model and Formulating model constructing model และ Model building ซึ่งความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Nicolaou and Constantinou (2007) ได้ระบุลักษณะของความสามารถในการสร้างแบบจำลองว่าประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Modeling skills) ประกอบไปด้วย 4 ลักษณะ ได้แก่

1.1 การสร้างแบบจำลอง

1.2 การกำหนดองค์ประกอบของแบบจำลอง

1.3 ความสามารถในการเปรียบเทียบและแสดงความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน และระบุข้อดีและข้อจำกัด

1.4 การประเมินแบบจำลองโดยเทียบกับปรากฏการณ์ที่แท้จริงและสร้างแนวคิดเพื่อการปรับปรุงแบบจำลอง

2. ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Knowledge about the modeling process) เป็นความสามารถในการบรรยายและสะท้อนการปฏิบัติได้อย่างชัดเจนในแต่ละขั้นของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

3. ความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Meta-modeling knowledge) เป็นความเข้าใจในวัตถุประสงค์และประโยชน์ของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Hung and Lin (2009) ได้แบ่งความสามารถในการสร้างแบบจำลองตามลำดับขั้นของการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 5 ลักษณะ ได้แก่

1. การเลือกแบบจำลอง (Model selection) โดยพิจารณาส่วนประกอบของระบบ ประเภท การอ้างอิง และความเหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลอง

2. การสร้างแบบจำลอง (Model construction) โดยคำนึงถึงความประสานกัน ตัวแปร มโนทัศน์ และกฎ

3. การพิสูจน์ความถูกต้องแบบจำลอง (Model validation) โดยคำนึงถึงความสอดคล้องความสมบูรณ์ ความคงเส้นคงวาทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลอง

4. การวิเคราะห์แบบจำลอง (Model analysis) โดยคำนึงถึงประเด็นทางคณิตศาสตร์ การให้ผลที่สอดคล้องกัน และตรงกัน

5. การนำแบบจำลองไปใช้ (Model application) โดยสามารถระบุข้อจำกัด ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้ ขอบเขตของแบบจำลอง แนวทางการแก้ไข

Schwarz et al. (2009, pp. 635-636) อธิบายความสามารถในการสร้างแบบจำลองไว้ว่า เป็นการสร้างความรู้และใช้แบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. กระบวนการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย

1.1 สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี เพื่อที่จะยกตัวอย่าง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

1.2 ใช้แบบจำลองในการยกตัวอย่าง อธิบายและทำนายปรากฏการณ์

1.3 เปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองที่ต่างกัน เพื่อแสดงและอธิบายแบบแผนในปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

1.4 ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อที่จะเพิ่มอำนาจในการทำนายและการอธิบาย โดยพิจารณาถึงหลักฐานหรือลักษณะของปรากฏการณ์เพิ่มเติม

2. ความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลอง ในการสร้างแบบจำลองนักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์ ธรรมชาติ และเกณฑ์ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

2.1.1 แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างความเข้าใจเพื่อที่จะสร้างความรู้

2.1.2 แบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในการถ่ายทอดความเข้าใจหรือความรู้

2.1.3 แบบจำลองสามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจใหม่ ๆ หรือใช้ในการทำนายลักษณะใหม่ ๆ ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.1.4 แบบจำลองถูกใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง

2.2.1 แบบจำลองสามารถแทนสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นและไม่สามารถเข้าถึงได้

2.2.2 แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถให้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน

2.2.3 แบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.4 แบบจำลองสามารถเปลี่ยนเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.5 แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพ วัสดุ สถานการณ์จำลอง เป็นต้น

2.3 เกณฑ์ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

2.3.1 แบบจำลองจำเป็นต้องยึดอยู่บนหลักฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.3.2 แบบจำลองจำเป็นต้องรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

จากความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้ความรู้หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสร้างแบบจำลองให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และมีองค์ประกอบในการสร้างแบบจำลองที่สำคัญ มีดังนี้

1. การเลือก
2. การสร้าง
3. การวิเคราะห์
4. การประเมิน
5. การนำไปใช้
6. การปรับปรุง
7. ความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลอง

แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (Learning performance) เนื่องจากภาระงานของนักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติและผลงาน ทำให้วิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (Performance task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น และ/หรือกระบวนการที่นักเรียนใช้สร้างผลงานจนสำเร็จ
2. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552, หน้า 70)

Lantz et al (2004, p. 60 อ้างถึงใน เชาวรินทร์ สีใหม่, 2552, หน้า 67) ได้สร้างแบบประเมินการสร้างแบบจำลองแบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics) แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี (Great) ใช้ได้ (O.K.) และควรปรับปรุง (Needs work) โดยให้นักเรียนและครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1. แบบจำลองแสดงข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่

2. แบบจำลองแสดงออกถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน

3. แบบจำลองเข้าใจง่าย

4. แบบจำลองมีสัดส่วนเหมาะสม สะอาดและเรียบร้อย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 ข, หน้า 18, 102-103) ได้กล่าวถึงคือ แนวทางการประเมินกระบวนการเรียนรู้แบบมาตรระดับหรือมาตราส่วนประมาณค่า ไว้ว่า "เป็นแบบบันทึกผลการประเมินที่มีหัวข้อการประเมินทั้งการปฏิบัติและผลงาน โดยมีพฤติกรรมชี้บ่งให้สังเกตได้ บันทึกระดับคุณภาพตั้งแต่ 2 ระดับ ขึ้นไป ด้วยเกณฑ์บอกถึงปริมาณและคุณภาพอย่างชัดเจน" และได้แบ่งการประเมินการทำภาระงานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินของภาระงานนั้น ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้ 2 แบบคือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนภาระงานชิ้นเดียวหรือหลายชนิด ที่ต้องการสรุปผลการประเมินเฉพาะจุดประสงค์หลักหรือประเด็นสำคัญของงานเท่านั้น ซึ่งการให้คะแนนจะกำหนดรายการประเมินส่วนที่สำคัญ ๆ ของภาระงาน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย การประเมินเพื่อพัฒนาภาระงานที่ผู้เรียนปฏิบัติให้ดำเนินไปจนบรรลุจุดประสงค์ โดยการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของชิ้นงานนั้น กระทำเป็นระยะ ๆ และนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานส่วนที่ต่อจากช่วงนี้ไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ผลงานที่ทำสำเร็จ มีคุณภาพตามเกณฑ์หรือสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

ปิยะนัฐ นันทการณ์ (2551, หน้า 78-83) ได้สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองแบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics) โดยจะประเมินทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและแบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์ ดังนั้นจึงสร้างแบบประเมิน 2 ฉบับในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

1. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุง โดยให้ครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 9 รายการ ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ปัญหา

1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์

1.3 การตั้งสมมติฐาน

1.4 การรวบรวมข้อมูล

1.4.1 การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล

1.4.2 การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล

1.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.4 การนำเสนอโปสเตอร์

1.5 การออกแบบการสร้างแบบจำลอง

1.6 การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง

1.7 การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่

1.8 การวิเคราะห์แบบจำลอง

1.9 การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน

2. แบบประเมินแบบจำลอง แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และพอใช้ โดยให้ครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

2.1 สาระของแบบจำลอง

2.1.1 ด้านโครงสร้าง

2.1.2 ด้านกระบวนการทำงาน

2.2 การเลือกใช้วัสดุ

2.2.1 ด้านความเหมาะสมของวัสดุ

2.2.2 ด้านความคิดสร้างสรรค์

2.2.3 ด้านความสวยงาม ประณีต

2.3 ความน่าสนใจ

2.4 การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง

2.5 ความคุ้มทุนในการสร้าง

โกเมศ นาแจ้ง (2554, หน้า 100) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัยโดยเป็นแบบวัดที่กำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนเขียนออกมาเป็นแบบจำลองทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ โดยแบบจำลองแต่ละประเภทจะประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองที่ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไป (Generic rubrics) รวมทั้งกำหนดรายละเอียดระดับความสามารถของแต่ละรายการซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1)

โดยสรุปในงานวิจัยนี้ ประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการประเมินจากผลงานแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นผ่านการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics) ให้คะแนน

แบบแยกองค์ประกอบย่อย เนื่องจากการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของแบบจำลองนั้น ซึ่งมีหลายองค์ประกอบ และสามารถแบ่งระดับคะแนนออกได้ตั้งแต่ 2-5 ระดับ รายการประเมินแบบจำลอง เช่น

1. เนื้อหาสาระ ข้อมูลแสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ชัดเจน และเข้าใจ
2. ความชัดเจนในการนำเสนอ
3. รูปแบบการนำเสนอ
4. ความคิดสร้างสรรค์
5. การนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่เรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางชีววิทยา 70.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70
2. นักเรียนที่เรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลอง 3.75 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก
3. นักเรียนที่เรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลอง 2.59 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก

สุทธิดา จำรัส (2552) ได้ศึกษาความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองจะสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และยังนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างอะตอม

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้ศึกษาการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง สมดุลเคมี และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่อง ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ

ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษามโนทัศน์ เรื่อง สมดุลเคมี และเจตคติต่อวิชาเคมี และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สมดุลเคมี ผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง สมดุลเคมี ให้มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับปานกลางในทุก ๆ ด้าน

กฤษณา โภคพันธ์ (2554) ทำงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อศึกษาการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาตนเองให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ เรื่อง ดาราศาสตร์และอวกาศ อยู่ในกลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบ ไม่สมบูรณ์

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (model-centered instruction sequence) เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยเฉพาะแนวคิด เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส การไทเทรตกรด-เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ

ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบสและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน ในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิด เรื่อง ทฤษฎีกรด–เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison and Treagust (2000) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็น Metaphor และ Analogy โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (Focus) การปฏิบัติการ (Action) และการสะท้อนผล (Reflection) หรือเรียกย่อๆ ว่า FAR ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลอง Analogy ที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมาย แต่นักเรียนมีความคุ้นเคย จากการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น

Pringle (2004) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนเรื่องอะตอม หรือโครงสร้างอะตอมของ Bohr โดยการสร้างแบบจำลองในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พบว่า การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับส่วนประกอบของอะตอม แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองแบบสามมิติ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างของอะตอม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นมโนทัศน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

Demetrikopoulos et al. (2006) ได้ศึกษาโครงการที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองสมอง เพื่อศึกษาส่วนต่าง ๆ ของสมอง ขนาดของโครงสร้างสมองส่วนต่าง ๆ ของสมองสัตว์แต่ละชนิด เช่น สมองแมวกับสุนัข ลิงชิมแพนซีกับมนุษย์ สัตว์กินพืชกับสัตว์กินเนื้อ เป็นต้น และให้นักเรียนทำนายและอธิบายความสัมพันธ์ของโครงสร้างสมองกับพฤติกรรมของสัตว์ และความสัมพันธ์ของโครงสร้างกับการทำงานของสมอง ผลการประเมินความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน พบว่า โครงการศึกษาสมองโดยใช้แบบจำลองทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในโครงสร้างของสมองของสัตว์ชนิดต่าง ๆ และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของโครงสร้างสมองกับพฤติกรรม สิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย และการกินอาหารได้

Hestenes, D. (2006) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนแบบปกติที่เน้นการสอนแบบบรรยายกับการเรียนการสอนด้วยการสร้างแบบจำลอง (Modeling instruction) ที่เน้นการสร้าง การตรวจสอบ และการนำไปใช้ของแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นโครงการที่เก็บข้อมูลจากการให้นักเรียนเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างแบบจำลองเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ในภาคฤดูร้อนและทำการวัดหลังจากเรียนจบ 1 ปีการศึกษา โดยใช้แบบสอบที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนที่แตกต่างกันได้ ผลการทดลองกับนักเรียนจำนวน 3,394 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่อง กลศาสตร์ หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 52 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติที่ได้คะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละ 42 และทดลองเลือกนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดีเยี่ยมหลังจากเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปีการศึกษา จำนวน 647 คน และทำการวัดด้วยแบบวัด FCI พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 69

Littlejohn (2007) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใบไม้ แบบจำลองเซลล์พืช และแบบจำลองเซลล์สัตว์ เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืช และการหายใจระดับเซลล์ ภายหลังการสอน พบว่า นักเรียนได้คะแนนความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืชกับการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนให้เห็นเป็นรูปธรรมได้

Khan (2008) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์จำลอง (Computer simulation) ที่อาศัยหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง หลักของเลอชาเตอลิเอ ของนักเรียน กิจกรรม Simulation ที่ใช้ประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงของกราฟ มุมมองในระดับนาโน และการใช้อุปมาอุปมัย (Analogy) ที่เคลื่อนไหวได้ โดยจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ประเมิน และปรับปรุงความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น

Baek et al. (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-centered instruction sequence) เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน เป็นระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวีดีทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ผลพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน ผลพบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

จากการศึกษางานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีทั้งการวิจัยเชิงสำรวจและการวิจัยกึ่งทดลอง โดยศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยในการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองจำนวนมาก และนำมาใช้หลายสาขาวิชา ผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ มีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้น มีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น กล่าวคือมีความคลาดเคลื่อนของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ลดลง และมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังนั้นจากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาสนับสนุนได้ว่าการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้สามารถนำมาใช้พัฒนาการเรียนด้านความเข้าใจได้ดี และยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 รวม 4 ห้องเรียน จำนวน 140 คน ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม และสุ่มอย่างง่ายอีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลากแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 58) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
G_1	O_1	X	O_2
G_2	O_3	-	O_4

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

G_1 แทน กลุ่มทดลอง

G_2 แทน กลุ่มควบคุม

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

O_3 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มควบคุม

O_4 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

\- แทน การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล
4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	ลักษณะของกิจกรรม
1. ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือศึกษาโดยครูใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้สื่อ ใช้การซักถามเพื่อสร้างความสนใจและนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ นักเรียนคิด วางแผน อภิปราย และให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง	- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการกำหนดปัญหา สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - นักเรียนสร้างแบบจำลองตามความคิดของตนเอง
2. ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเองหากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมาจาก	- ครูส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิดที่ใช้สร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ครูให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้ชัดเจน - ครูให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลอง - ครูตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียน - ครูให้ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	ลักษณะของกิจกรรม
มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้น	- นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นพร้อมให้เหตุผลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง - นักเรียนฟังการนำเสนอแบบจำลองของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - นักเรียนฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง - ถ้าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้น
3. ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม โดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้	- ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - นักเรียนนำการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแบบจำลอง คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายมโนทัศน์ให้กว้างขึ้น

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พุทธศักราช 2557 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา โดยกำหนดเนื้อหา เรื่อง สารชีวโมเลกุล 2 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
โปรตีน	1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ 2. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้ 3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ 4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนได้ 5. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้ 6. บอกสมบัติและประโยชน์ของเอนไซม์ต่อสิ่งมีชีวิตได้ 7. บอกความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนได้	8
ลิพิด	1. อธิบายการเกิดไขมันหรือน้ำมันพร้อมทั้งเขียนสมการได้ 2. บอกสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 3. ระบุสถานะของไขมันหรือน้ำมันที่อุณหภูมิห้องโดยพิจารณาจากสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 4. บอกสมบัติของไขมันหรือน้ำมันได้ 5. อธิบายความหมายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้ 6. อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้	6

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
	7. อธิบายการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันและวิธีป้องกันได้ 8. อธิบายการเกิดและความสำคัญของฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์ได้	
	รวม	14

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มเติมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 สาระสำคัญ

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.4.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1.4.4.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง

1.4.4.2 ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง

1.4.4.3 ขั้นขยายแบบจำลอง

1.4.5 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.4.6 การวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ปรับปรุงกิจกรรมและภาษาให้ชัดเจนขึ้น

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (*IOC*) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน

และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533, หน้า138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมมีค่าระหว่าง 4.20-5.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543 หน้า 117) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น

การประเมินความสอดคล้อง (*IOC*) โดยการนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน นำมาแปลงเป็นคะแนนได้ดังนี้

สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1

ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

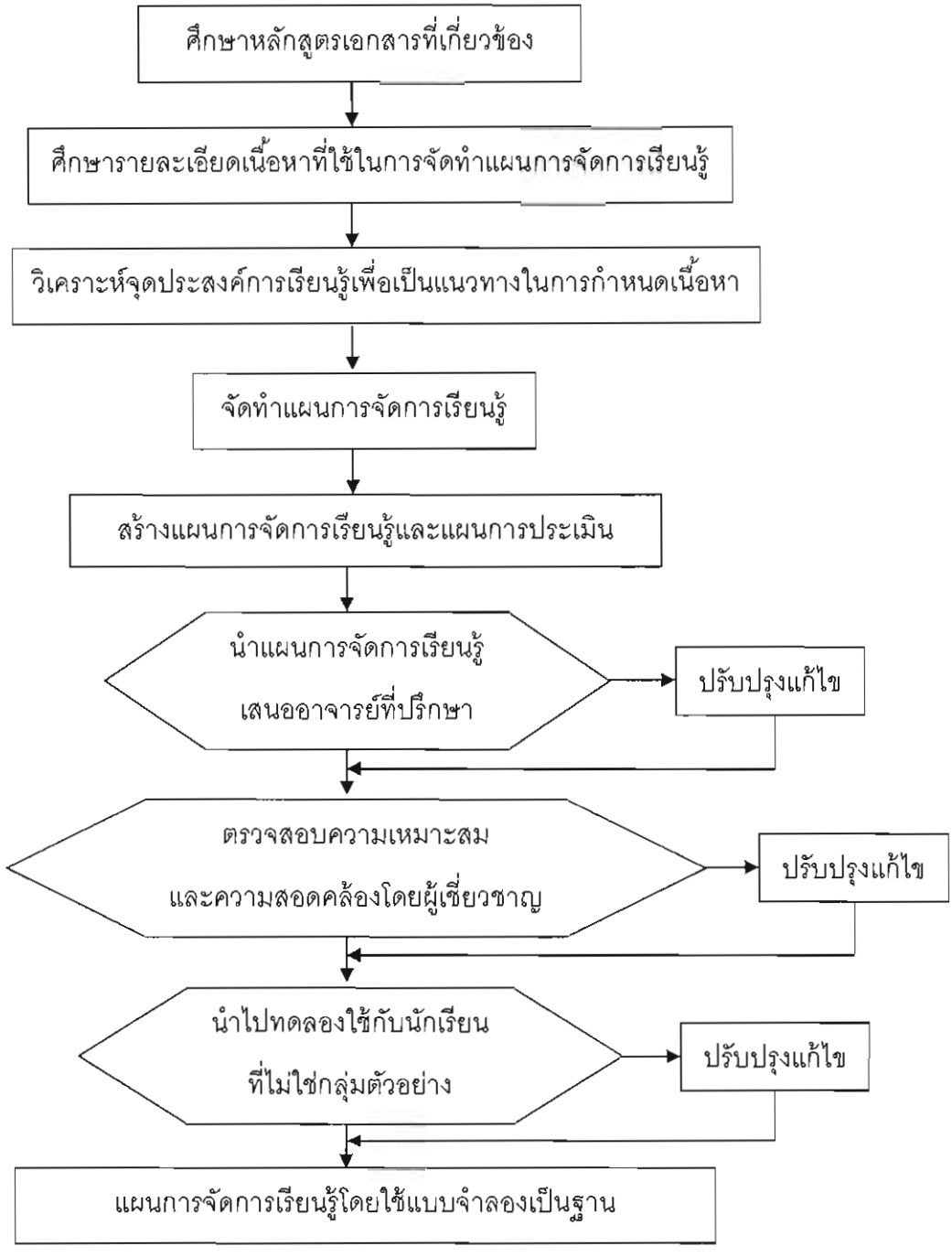
จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรดัชนีหาความสอดคล้อง เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency) โดยดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของ

ผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับกิจกรรมให้กระชับและชัดเจนโดยควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตและให้คำปรึกษาระหว่างการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริงซึ่งปัญหาที่พบคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลานาน เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเสร็จ จึงไม่ได้เปลี่ยนกันตรวจ การปรับปรุงแก้ไขคือ ครูนำแบบทดสอบหลังเรียนกลับไปตรวจ แล้วจึงนำคะแนนมาแจ้งให้นักเรียนทราบในคาบต่อไป

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ต่อไป



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ	ลักษณะของกิจกรรม
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ครูสร้างความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น และนำเสนอบทเรียนต่อชั้นเรียน	- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ - เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม - ใช้กิจกรรมการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชั่วโมง
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูกระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังเมื่อนักเรียนเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ถามนำเพื่อให้นักเรียนสืบค้นเมื่อจำเป็น และให้คำปรึกษา	- ครูเป็นพี่เลี้ยงในการชักนำให้นักเรียนเกิดการค้นหาคำตอบที่สงสัย - ให้นักเรียนได้สัมผัสและเรียนรู้กับวัสดุอุปกรณ์ และสื่อในการเรียนรู้
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ครูควรกระตุ้นนักเรียนให้อธิบายความคิดรวบยอด โดยใช้คำพูดของนักเรียนเอง ถามเพื่อให้ทราบถึงเหตุการณ์และการอธิบายความเข้าใจของนักเรียน	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้ชัดเจน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่	- เน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาประยุกต์ใช้ในเหตุการณ์อื่น ๆ
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ครูควรประเมินความรู้หรือทักษะ	- นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ	ลักษณะของกิจกรรม
การประยุกต์ใช้ความคิดรวบยอดและการเปลี่ยนแปลงทางความคิดของนักเรียนจากประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งหมดของนักเรียน	- เปิดให้นักเรียนได้มีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

2.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พุทธศักราช 2557 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา โดยกำหนดเนื้อหา เรื่อง สารชีวโมเลกุล 2 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
โปรตีน	1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ 2. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้ 3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ 4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนได้ 5. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้ 6. บอกสมบัติและประโยชน์ของเอนไซม์ต่อสิ่งมีชีวิตได้ 7. บอกความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนได้	8

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
ลิพิด	1. อธิบายการเกิดไขมันหรือน้ำมันพร้อมทั้งเขียนสมการได้ 2. บอกสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 3. ระบุสถานะของไขมันหรือน้ำมันที่อุณหภูมิห้อง โดยพิจารณาจากสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 4. บอกสมบัติของไขมันหรือน้ำมันได้ 5. อธิบายความหมายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้ 6. อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้ 7. อธิบายการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันและวิธีป้องกันได้ 8. อธิบายการเกิดและความสำคัญของฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์ได้	6
	รวม	14

2.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มเติมแบบปกติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

2.4.1 สาระสำคัญ

2.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

2.4.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.4.4.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

2.4.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.4.4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

2.4.4.4 ขั้นขยายความรู้

2.4.4.5 ขั้นประเมินผล

2.4.5 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

2.4.6 การวัดและประเมินผล

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ปรับปรุงกิจกรรมและภาษาให้ชัดเจนขึ้น

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (*IOC*) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนและการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมมีค่าระหว่าง 4.00-5.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น

การประเมินความสอดคล้อง (*IOC*) โดยการนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน นำมาแปลงเป็นคะแนนได้ดังนี้

สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1

ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0

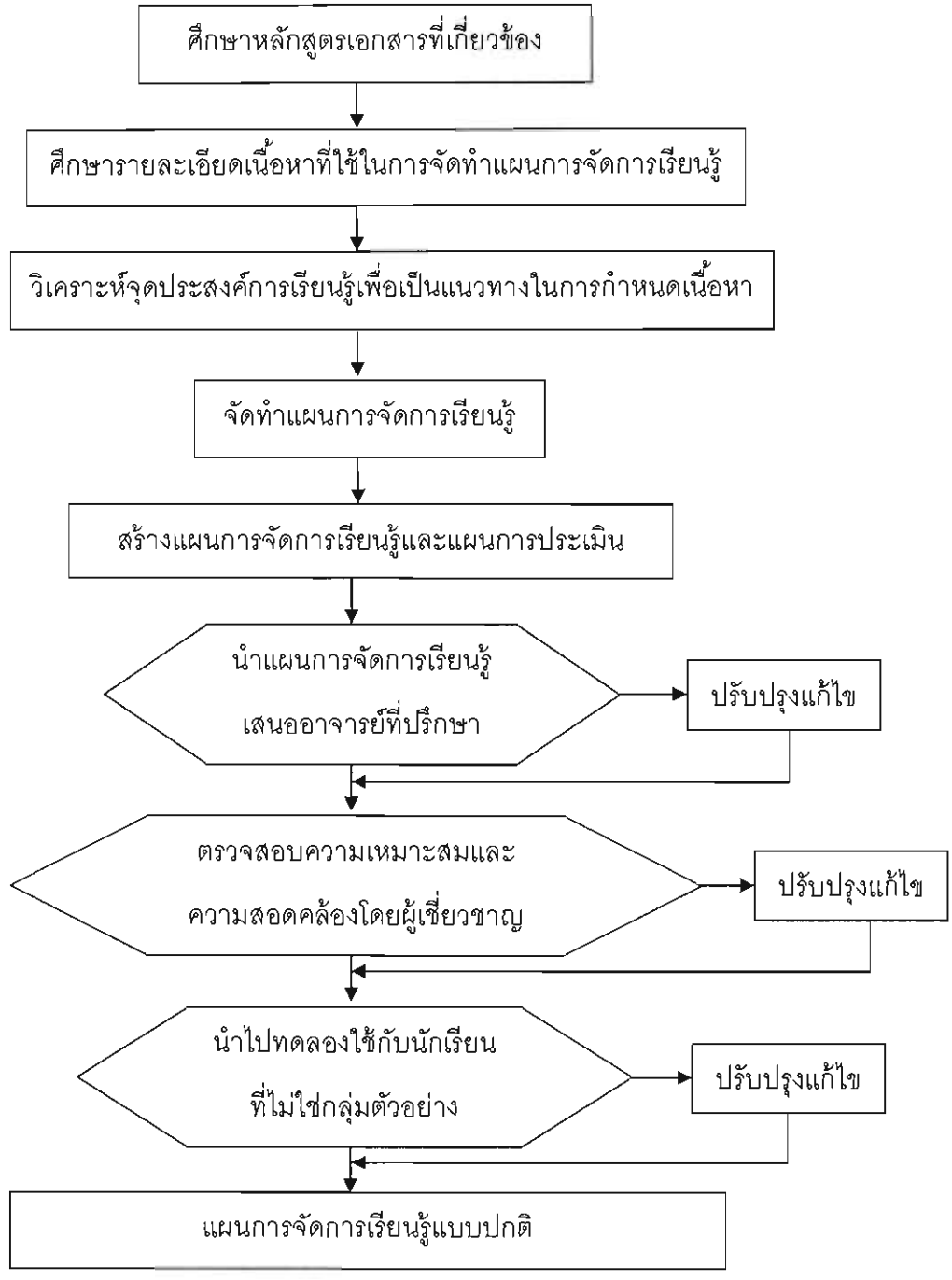
ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรดัชนีหาความสอดคล้อง เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency) โดยดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพต่อไป

2.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตและให้คำปรึกษาระหว่างการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ต่อไป



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบด้านความเข้าใจ ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ต้องการใช้จริง
โปรตีน	1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ 2. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้ 3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ 4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนได้ 5. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้ 6. บอกสมบัติและประโยชน์ของเอนไซม์ต่อสิ่งมีชีวิตได้ 7. บอกความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนได้	14	10

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ต้องการใช้จริง
ลิพิด	1. อธิบายการเกิดไขมันหรือน้ำมันพร้อมทั้งเขียนสมการได้ 2. อธิบายการเกิดไขมันหรือน้ำมันพร้อมทั้งเขียนสมการได้ 3. บอกสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 4. ระบุสถานะของไขมันหรือน้ำมันที่อุณหภูมิห้อง โดยพิจารณาจากสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 5. บอกสมบัติของไขมันหรือน้ำมันได้ 6. อธิบายความหมายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้ 7. อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้ 8. อธิบายการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันและวิธีป้องกันได้ 9. อธิบายการเกิดและความสำคัญของฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์ได้	16	10
	รวม	30	20

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ชนิดปรนัยแบบสองตอน (Two-tier multiple choice format) โดยตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา (Content tier) และตอนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกตอบ (Reason tier)

จำนวน 30 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

3.4 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับข้อสอบบางข้อให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และปรับการใช้ภาษาให้ชัดเจนขึ้น

3.5 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) พบว่า ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

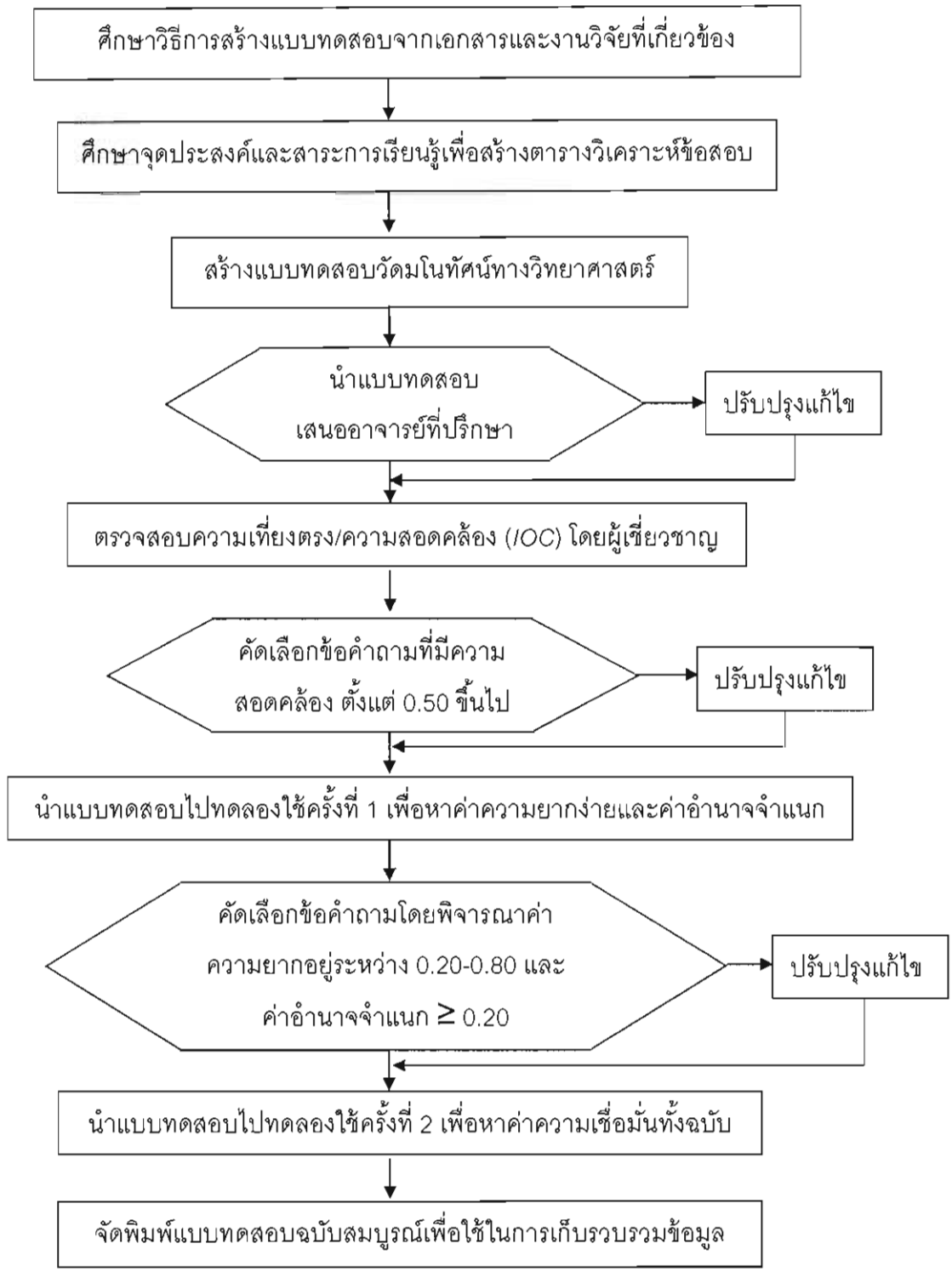
3.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุลมาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.8 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มาตรวจสอบให้คะแนนโดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหาและส่วนเหตุผลสนับสนุนได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกเฉพาะข้อคำถามเชิงเนื้อหาเพียงส่วนเดียวได้ 0.5 คะแนน และถ้าตอบถูกเฉพาะเหตุผลสนับสนุนหรือตอบไม่ถูกทั้ง 2 ส่วนได้ 0 คะแนน แล้ววิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) โดยใช้วิธีของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201) ได้ค่าความยาก (*P*) ตั้งแต่ 0.20–0.78 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (*r*) ตั้งแต่ 0.22-0.94

3.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

3.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 กำหนดรายการประเมิน โดยรายการประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์และข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งได้กำหนดไว้ให้นักเรียนก่อนการออกแบบและสร้างแบบจำลอง

รายการประเมินจำแนกได้ 2 ข้อ ได้แก่ 1) ความถูกต้องของมโนทัศน์ 2) การนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้ โดยกำหนดสัดส่วนความสำคัญคิดเป็นน้ำหนักร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 สัดส่วนความสำคัญที่คิดเป็นน้ำหนักร้อยละของรายการประเมินแบบจำลอง

รายการประเมิน	น้ำหนัก (ร้อยละ)
1. ความถูกต้องของมโนทัศน์	50
2. การนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้	50
รวม	100

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยจะทำการออกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ซึ่งข้อสอบจะให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันแล้วสร้างแบบจำลองที่สะท้อนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน แล้วทำการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics) ซึ่งจะแบ่งเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-8 จากนั้นกำหนดรายละเอียดที่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ตามระดับความสามารถในแต่ละรายการประเมิน

ตารางที่ 3-8 เกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการประเมิน 3 ระดับ สำหรับการประเมินแบบจำลอง

ระดับคะแนน	ความหมาย
3	มีความสามารถอยู่ระดับดีมาก
2	มีความสามารถอยู่ระดับดี
1	มีความสามารถอยู่ระดับพอใช้

4.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างลักษณะข้อคำถามในข้อสอบกับวัตถุประสงค์การวัด ในการเขียนออกมาเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

4.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

4.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) พบว่า ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

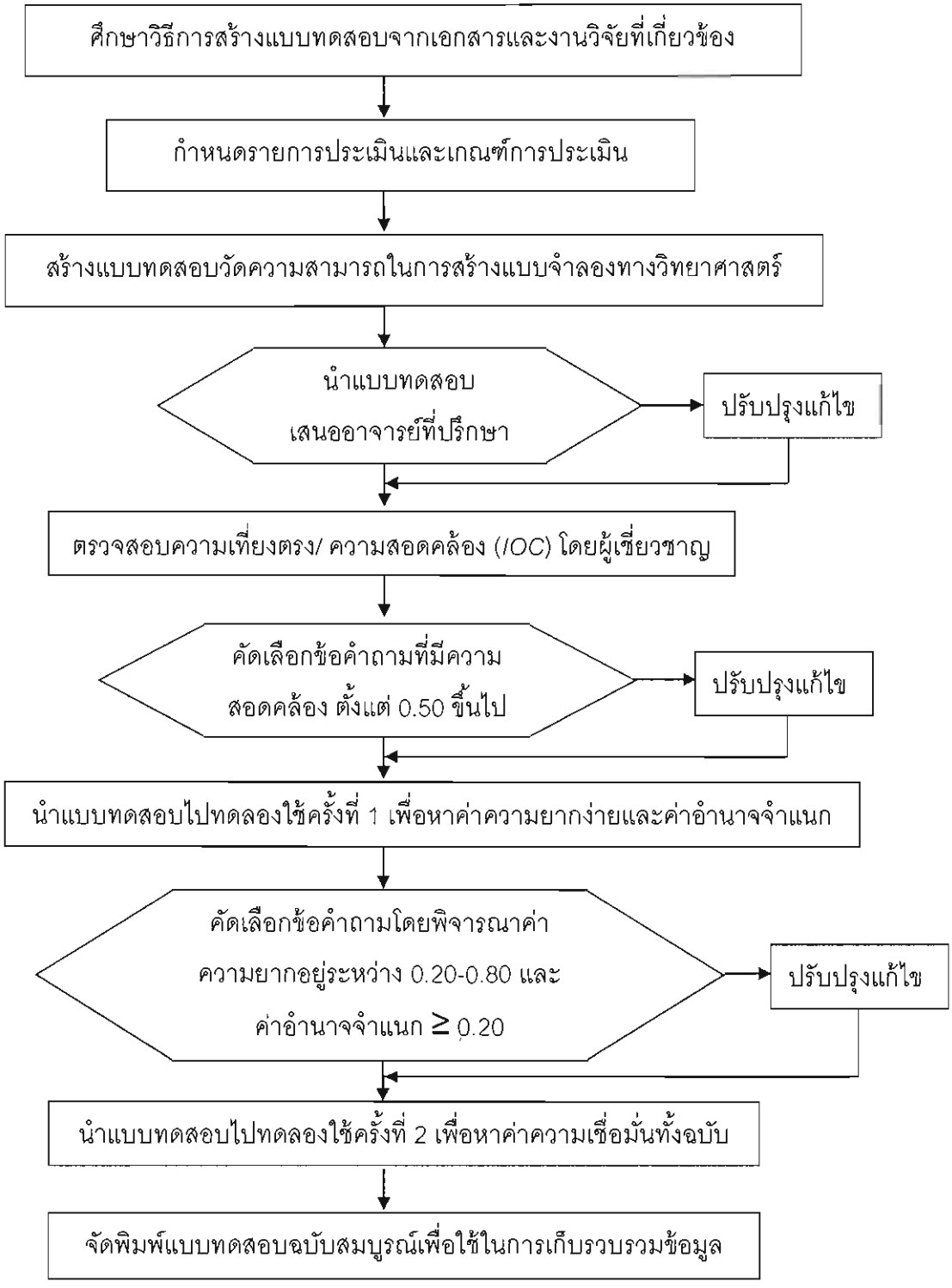
4.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ผ่านการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาแล้วและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนน โดยให้คะแนนตามรายการประเมินและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 3-7 และ 3-8 แล้ววิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) โดยใช้วิธีของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201) ได้ค่าความยาก (*P*) ตั้งแต่ 0.53–0.64 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (*r*) ตั้งแต่ 0.61–0.72

4.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

4.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

4.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรม บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน สัดส่วนจำนวนครั้งที่จะสอบ และสัดส่วนคะแนนสอบ

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง เนื้อหาคือ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ใช้เวลาสอน 14 ชั่วโมง โดยกลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล (ชุดเดิม) และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ชุดเดิม)

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำคะแนนที่ได้จากการตรวจผลการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent sample (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 243, 245) และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Dependent sample (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, หน้า 248)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S*) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (*IOC*) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 102)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201)

การหาค่าความยากง่าย (P) โดยใช้วิธีของวิทนีย์ และซาเบอร์

$$P = \frac{S_U + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

การหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้วิธีของวิทนีย์ และซาเบอร์

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient) คำนวณได้จากสูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 108)

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อสอบ

S_i^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวม

3. **สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน**

3.1 ใช้สถิติ t-test แบบ Independent samples เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และ 3 เนื่องจากคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540, หน้า 243, 245)

กรณีความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{s_p^2\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}} \qquad \text{และ} \quad df = n_1+n_2-2$$

เมื่อ s_p^2 แทน ความแปรปรวนร่วม (Pooled variance)

$\overline{x_1}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 1

$\overline{x_2}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 1

n_2 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 2

ซึ่ง s_p^2 หาได้จาก

$$s_p^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}$$

เมื่อ s_1^2 แทน ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

s_2^2 แทน ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

กรณีความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad \text{และ} \quad df = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ $\overline{x_1}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 1

$\overline{x_2}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 1

n_2 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 2

s_1^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

s_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

3.2 ใช้สถิติ t-test แบบ Dependent sample เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และ 4 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540, หน้า 248)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad \text{และ} \quad df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนและหลังเรียน

$(\sum D^2)$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนและหลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนคนในกลุ่มทดลอง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ

2. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ

4. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	*n*	$\overline{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	36	13.10	2.63			
				70	2.051*	.022
กลุ่มควบคุม	36	11.68	3.20			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล สูงกว่าที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่วางไว้

2. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กลุ่มทดลอง	*n*	$\overline{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	36	6.10	2.24			
				35	19.462*	.000
หลังเรียน	36	13.10	2.63			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่วางไว้

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ ได้ผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	*n*	$\overline{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	36	21.47	5.10			
				60.95	2.988*	.002
กลุ่มควบคุม	36	16. 89	7.66			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่วางไว้

4. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กลุ่มทดลอง	*n*	$\overline{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	36	11.42	4.08			
				35	13.689*	.000
หลังเรียน	36	21.47	5.10			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่วางไว้

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม และสุ่มอย่างง่ายอีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลากแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 36คน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือวิจัยที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 7 แผน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 7 แผน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ชนิดปรนัยแบบสองตอน โดยตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.78 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.94 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันแล้วสร้างแบบจำลองที่สะท้อนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน หรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน จำนวน 5 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.53-0.64 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.61-0.72 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบแผนการทดลองที่ใช้ คือ แบบ Pretest-posttest, nonequivalent control group design วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent sample และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Dependent sample

สรุปผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปผลการวิจัยและมีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1.1 การที่นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในขั้นที่ 2 ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง ถือเป็นกระบวนการตรวจสอบความคิดที่เป็นสมมติฐาน หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นยังไม่สมบูรณ์มากพอ มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นซึ่งจะทำให้นักเรียนทราบว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในส่วนใดบ้างเพื่อจะได้นำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม สะท้อนความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นจากการได้สำรวจและค้นหาในระหว่างที่สร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ซึ่งนักเรียนจะได้ไตร่ตรองความรู้ ข้อบกพร่องของตนเองจากการได้รับคำแนะนำ และการให้ผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนทั้งในกลุ่ม

และต่างกลุ่ม เห็นได้จากการให้นักเรียนออกมานำเสนอสรุปความรู้เพื่อเป็นการแบ่งปันข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้ไปศึกษาค้นคว้าในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองนั้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีความสำคัญ โดยช่วยตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนแม้จะไปศึกษาในมโนทัศน์เดียวกัน แต่ความหมายที่ได้อาจแตกต่างกัน (Gabler & Schroeder, 2003) โดยหลังจากการนำเสนอมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวก็จะนำไปสู่การอภิปรายมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกันเป็นการสร้างความรู้ที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่มุ่งเน้นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีอิสระที่จะแสดงความคิด ได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม รวมทั้งมีการสะท้อนความคิดและผลการปฏิบัติของนักเรียน

1.2 การนำความรู้ไปใช้ในขั้นตอนที่ 3 ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นการแสดงการนำความรู้ไปใช้และให้เหตุผลในสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกัน ซึ่งนักเรียนได้ใช้แบบจำลองในการอธิบายหรือแก้ปัญหาจนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ในปรากฏการณ์ที่ศึกษาอย่างสมบูรณ์ ดังที่ Buckley et. al. (2004, p. 24) ได้กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา ลงข้อสรุป และให้เหตุผล และสอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert et al. (2000) ที่ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมในแบบรูปธรรม ช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ ซึ่งแบบจำลองสามารถใช้เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ และหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การปรึกษากันเกี่ยวกับรูปแบบของแบบจำลองและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง และการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะด้านต่าง ๆ รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้เรียนรู้และฝึกการสร้างแบบจำลอง การตรวจสอบ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองอย่างต่อเนื่อง จึงถือเป็นลักษณะที่สำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้แก่นักเรียน

ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้ หรือเป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ รวมไปถึงชิ้นงานที่เกิดขึ้นในทุก ๆ ครั้งที่เรียนผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อันได้แก่ การสร้าง การตรวจสอบ การประเมิน การปรับปรุง การนำแบบจำลองไปใช้ และการขยายแบบจำลองโดยนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกการแสวงหาความรู้ ปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 ในขั้นตอนที่ 1 ของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล ผ่านการคิด วางแผน โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา แสดงการคิดสมมติฐานออกมาในลักษณะของภาพวาดที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดสมมติฐานและแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังที่ Gilbert (1995 cited in Gobert & Buckley, 2000, p. 891) ได้กล่าวไว้ว่าแบบจำลองมีส่วนสำคัญในการตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบความคิด และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้แบบจำลองยังเป็นเครื่องมือสำคัญในด้านการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ได้ (Gilbert et al., 2000)

2.2 นักเรียนได้นำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ศึกษาค้นคว้ามาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลอง และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองในขั้นที่ 2 ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทางความคิดทำให้เกิดความรู้ ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังที่ Schwarz et al. (2009) เสนอความเห็นว่า แบบจำลองนั้นช่วยให้นักเรียนมีความคิดชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนจะได้รับผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนในระหว่างการอภิปราย การนำเสนอแบบจำลองทำให้ได้แนวคิดใหม่ ๆ มีความคิดที่ชัดเจนขึ้น และเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดและความล้มเหลว ทำให้นักเรียน มีความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์และตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดได้ และเกิดประสบการณ์ที่จะสามารถนำความรู้ไปพัฒนาแบบจำลองของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

2.3 การที่นักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้ทำนาย อธิบาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ในขั้นที่ 3 ขั้นขยายแบบจำลอง จะส่งเสริมประสบการณ์การใช้กระบวนการ

สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและสามารถการนำความรู้ไปใช้เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถสร้างแบบจำลองที่แสดงมโนทัศน์ได้ชัดเจนในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของความสามารถในการสร้างแบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูควรทำการปฐมนิเทศนักเรียนให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องและไม่เกิดปัญหาตลอดจนชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการร่วมมือช่วยเหลือกันเพื่อสร้างบรรยากาศของการเรียนรู้

1.2 ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรปรับให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น จำนวนนักเรียนต่อกลุ่ม พื้นฐานความรู้ของนักเรียน เป็นต้น

1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรมีการปรับความยืดหยุ่นเวลาให้เหมาะสม

1.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองหรือของกลุ่มในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดภาพ แบบจำลองกระดาษ คำพูดหรือคำอธิบาย เป็นต้น และควรมีการจัดให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้หรือแบบจำลองทางความคิดของตนเอง เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน และจะช่วยให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ให้มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

1.5 ครูควรเน้นอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนโดยครูใช้คำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนสงสัยและซักถาม เพื่อให้นักเรียนสามารถประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีที่สุด และทำให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของแบบจำลองทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติและข้อจำกัดของแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น

1.6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้เลือกใช้การสร้างแบบจำลองประเภทต่าง ๆ ในลักษณะของภาพวาด ข้อความ และสูตรโครงสร้าง เนื่องจากเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุล ดังนั้นครูผู้สอนควรพิจารณาเลือกใช้แบบจำลองประเภทอื่น ๆ ให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ใช้สอน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาอื่นในวิชาเคมี เช่น กรด-เบส โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี เป็นต้น และศึกษาผลที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา

2.2 ควรมีการศึกษาผลที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการให้เหตุผล เพราะเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวไปใช้ในวิชาอื่น และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

กรมวิชาการ. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กฤษณา โภคพันธ์. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงกลยุทธ์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2555). *ทฤษฎีเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. ใน *เอกสารประกอบการอบรมครูวิทยาศาสตร์ เรื่อง แนวคิด/ วิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดในโครงการพัฒนาศักยภาพของครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทศบาลนครแหลมฉบัง*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชัยยนต์ ศรีเขียงหา. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชาวรินทร์ สีใหม่. (2552). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเชิงผลิตภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, *17*(2), 299-314.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิศา ชูโต. (2551). *การวิจัยเชิงคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: พริ้นต์โพร.

ปิยะณัฐ นันทการณ์. (2551). *ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกุล. (2544). *การวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สหธรรมิกจำกัด.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2551). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *Constructivism*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. (2555). บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *35*(1), 1-7.

ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). *การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ก). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554) *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555) *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

สมพงษ์ สิงหะพล. (2531). *รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาสติปัญญา*. นครราชสีมา: สำนักส่งเสริมวิชาการ วิทยาลัยครูนครราชสีมา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ชลบุรี : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (ม.ป.ป.). *ระบบประกาศและรายงานผลสอบโอเน็ต*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2552). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. ใน *เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์ประเทศไทย.

สุทธิดา จำรัส. (2555). *แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. เข้าถึงได้จาก http://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching/.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2544). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

โสภาพรรณ แสงศัพท์. (2538). *มโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ในวิชาแสงที่ได้จากการพิจารณาคำตอบอย่างเดียวกับวิธีที่พิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผลของนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มโรงเรียนที่ 5*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

American Association for the Advancement of Science. (2001). *Project 2061 Textbooks Evaluations: middle grades mathematics, middle grades science, algebra, high-school biology*. Retrieved from http://www.project2061.org/newsinfo/research/textbook/default.htm >.

Arends, R. I. (1998). *Learning to teach* (4th ed.). Boston: McGraw-Hill.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2010). Engaging elementary student in scientific modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. *Models and Modeling in Science Education*, *6*(1), 195-218.

Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J. (2004). Model-based teaching and learning with biologic: what do they learn? How learn? How do we know?. *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 23-41.

Carnegie Mellon. (2012). *Using Concept Tests*. Retrieved from http://www.cmu.edu/teaching/assessment/assesslearning/concepTests.html.

Chamrat, S. (2009). *Exploring Thai grade 10 chemistry students' understanding of atomic structure concepts and the nature of science through the Model-*

based approach, Doctoral dissertation, Kasetsart University, Retrieved from http://www.lib.ku.ac.th/KUthesis/2552/SuthidaCHA/SuthidaCHAAll.pdf

Cruickshank, D. R., Bainer, D. L., & Metcalf, K. K. (1995). *The act of teaching* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

Demetrikopoulos, M. K., Pecore, J., Rose, J. D., Fobbs, A. J., Johnson, J. I., & Carruth, L. L. (2006) Build a Brain Project: Students Design and Model the Brain of an Imaginary Animal, *Science Scope*, *29*(8), 28-31.

Gabler, I. C., & Schroeder, M. (2003). *Constructivist methods for the secondary classroom: engaged minds.* Boston: Allyn and Bacon.

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education.* Netherlands: Springer.

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). *Developing models in science education.* New York: Kluwer Academic Publishers.

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

Gilbert, J. K., Bouter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J.K. Gilbert and C.J. Bouter (eds.). *Developing Models in Science Education.* (pp. 3-17). Netherlands: Kluwer Academic.

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

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, *84*(3), 352-381.

Hestenes, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. In Berg, E., Ellermeijer, T., & Sloonten, O., *Proceedings GIREP Conference 2006: Modeling in Physics and Physics Education.* Amsterdam: Amstel Institute, Faculty of Science, University of Amsterdam.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, *22*(1), 85-142.

Hung, J. F., & Lin, J. C. (2009). *The development of the simulation modeling system and modeling ability evaluation*. Retrieved from http://www.sersc.org/journals/IJUNESST/vol2_no4/1.pdf

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 369-387.

Khan, S. (2008). Model-based teaching as a source of insight for the design of a viable science simulation. *Technology Instruction Cognition and Learning*, *6*(2), 63-78.

Klopfer, E. L. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation*. New York: Addison-Wesley.

Lapp, D., Bender, H., Ellenwood, S., & John, M. (1975). *Teaching and learning: philosophical, psychological, curricular applications*. New York: Macmillan.

Littlejohn, P. (2007). Building leaves and an understanding of photosynthesis. *Science Scope*, *30*(8), 22-25.

National Center for Mathematics and Science. (2002). *Explanatory models in science*. the board of regents of the University of Wisconsin System. Retrieved from http://ncisla.wceruw.org/muse/MODELS/index.html

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2007). *Assessing modeling skills, meta-cognitive modeling knowledge and meta-modeling knowledge*. Retrieved from http://earli2007.hu/nq/home/scientific_program/programme/proposal_view/&abstractid=71

Page, G. T., & Thomas, J. B. (1977). *International dictionary of education*. London: Kogan Page.

Pringle, R. M. (2004). Making it visual: Creating a model of the atom. *Science Activities*, *40*(4), 30-33.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654.

Sund, R. B., & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching science by inquiry in the secondary school* (2nd ed.). Ohio: A Bell & Howell.

Weil, M., & Joyce, B. (1978). *Information processing model of teaching*. New Jersey: Prentice-Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ดร.สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ไพรัช วงษ์บูรณาวาทย์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตำแหน่ง ครู คศ. 3 ชำนาญการพิเศษ
4. อาจารย์อนุชา ตู้แก้ว	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตำแหน่ง ครู คศ. 2 ชำนาญการ
5. อาจารย์พรจันทร์ สั่งการ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1501

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 084-5764849

(สำเนา)

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6621/ว. 2091 **วันที่** 5 สิงหาคม พ.ศ. 2557
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.สมศิริ สิงห์ลพ

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ จตุรานนท์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1501

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ไพรัช วงษ์บูรณาวาทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 084-5764849

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1501

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์อนุชา ตู้แก้ว

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 084-5764849

(สำเนา)

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6621/ว. 2091 **วันที่** 5 สิงหาคม พ.ศ. 2557
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน อาจารย์พรจันทร์ สั่งการ

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ จตุรานนท์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

(สำเนา)

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6621/ว. 2523 **วันที่** 12 กันยายน พ.ศ. 2557
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 (โครงการ วมว.) และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/6 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 9-10 กันยายน พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) มนตรี แย้มกสิกร
(รองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี แย้มกสิกร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6621/ว. 2524 **วันที่** 12 กันยายน พ.ศ. 2557
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยนางสาวอารยา ควัฒน์กุล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/8 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 15-30 กันยายน พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) มนตรี แย้มกสิกร
(รองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี แย้มกสิกร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (5E)

3. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

4. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

5. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการเขียนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

6. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

6. ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

7. ผลการคำนวณหาค่า t-test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ ข-1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4	5	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	4	4.20	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	4	4.20	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	4	5	4.20	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	5	5	4	4.40	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	5	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	5	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	5	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	5	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	4	4.40	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	4	4.40	มาก

ตารางที่ ข-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	4	5	4	4.40	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	4	4	5	4	4.20	มาก
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	มาก

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	4	5	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	5	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-7 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	4	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	5	5	4	4.40	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	5	4	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	5	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	5	5	4	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ ข-8 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-9 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-10 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-11 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-12 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-13 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-14 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (5E)

ตารางที่ ข-15 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	4	4	4.40	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-15 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-16 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	3	4	4.20	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-16 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	4	3	4	4.00	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	4	4	4	4.20	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	4	4.20	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4	4	4.40	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	4	4	4.40	มาก

ตารางที่ ข-17 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-17 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-18 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-18 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-19 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.40	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-19 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-20 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-20 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	4	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด

ตารางที่ ข-21 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	4	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-21 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	4	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (5E)

ตารางที่ ข-22 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 1 เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-23 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-24 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 3 เรื่อง ชนิดและหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-25 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 4 เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-26 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 5 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-27 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 6 เรื่อง สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-28 ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ 7 เรื่อง ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน) และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ตารางที่ ข-29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์ที่	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
โปรตีน	1	1	1	1	1	1	1	5	1.00
		2	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	4	1	1	1	1	1	5	1.00
		5	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	6	1	0	1	1	1	4	0.80
	5	7	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	8	1	1	1	0	1	4	0.80
	7	9	1	1	1	1	1	5	1.00
		10	1	1	1	0	1	4	0.80
ลิพิด	1	11	1	1	1	0	1	4	0.80
		12	1	0	1	1	1	4	0.80
	2	13	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	14	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	15	1	0	1	1	1	4	0.80
	5	16	1	1	1	1	1	5	1.00
		17	1	0	1	1	1	4	0.80
	6	18	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	19	1	1	1	1	1	5	1.00
	8	20	1	1	1	1	1	5	1.00

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ตารางที่ ข-30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*
1	0.39	0.44
2	0.78	0.22
3	0.72	0.33
4	0.50	0.56
5	0.78	0.22
6	0.61	0.78
7	0.50	0.22
8	0.78	0.44
9	0.78	0.44
10	0.75	0.39
11	0.64	0.61
12	0.20	0.22
13	0.64	0.72
14	0.53	0.94
15	0.56	0.89
16	0.33	0.56
17	0.75	0.50
18	0.75	0.50
19	0.67	0.22
20	0.28	0.22

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbuch)

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

หาค่าความแปรปรวน จากสูตร $S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 35$

$\sum X = 449$

$(\sum X)^2 = (449)^2 = 201601$

$\sum X^2 = 6172$

แทนค่า $S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \frac{35(6172) - 201601}{35(35-1)}$

$= \frac{216020 - 201601}{1190}$

$= \frac{14419}{1190}$

$= 12.12$

เมื่อ $n = 20$

$\sum S_i^2 = 2.60$

จากสูตร

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

แทนค่า

$$= \frac{20}{20-1}\left[1-\frac{2.60}{12.12}\right] = 1.05 \times 0.79 = 0.83$$

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการเขียนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการเขียนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	0	4	0.80

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-32 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*
1	0.56	0.72
2	0.64	0.61
3	0.53	0.72
4	0.63	0.69
5	0.56	0.72

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbuch)

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

หาค่าความแปรปรวน จากสูตร $S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 35$

$\sum X = 754$

$(\sum X)^2 = (754)^2 = 568516$

$\sum X^2 = 17386$

แทนค่า $S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$$= \frac{35(17386) - 568516}{35(35-1)}$$

$$= \frac{608510 - 568516}{1190}$$

$$= \frac{39994}{1190}$$

$$= 33.61$$

เมื่อ $n = 5$

$\sum S_i^2 = 11.68$

จากสูตร

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

แทนค่า

$$= \frac{5}{5-1}\left[1-\frac{11.68}{33.61}\right] = 1.25 \times 0.65 = 0.81$$

ตารางที่ ข-33 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	4.00	15.00	19	7.00	14.50
2	7.50	15.50	20	6.00	12.00
3	4.00	10.00	21	2.00	9.50
4	8.50	17.50	22	8.50	15.00
5	4.50	12.00	23	5.50	14.00
6	3.50	11.00	24	3.00	11.00
7	4.00	9.50	25	8.00	16.50
8	5.50	11.00	26	6.00	13.00
9	3.00	8.50	27	8.50	14.50
10	9.00	9.00	28	5.50	14.50
11	4.50	13.50	29	7.00	12.00
12	6.00	13.00	30	8.50	15.00
13	5.00	14.50	31	4.00	9.50
14	8.00	16.00	32	10.00	15.50
15	7.00	13.00	33	9.50	13.50
16	3.50	12.50	34	6.50	15.00
17	6.00	15.00	35	3.50	7.00
18	11.00	16.00	36	6.00	17.00

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.10 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 13.10 คะแนน

ตารางที่ ข-34 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (5E) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	11.00	16.50	19	9.00	13.00
2	3.00	7.00	20	3.00	10.00
3	14.00	18.50	21	4.50	9.00
4	2.50	8.00	22	5.00	10.00
5	3.00	7.50	23	3.50	11.50
6	4.00	9.00	24	12.50	16.00
7	3.50	10.00	25	6.00	9.50
8	4.00	8.00	26	2.50	10.00
9	3.00	8.00	27	4.50	13.50
10	8.00	11.00	28	11.00	14.50
11	5.00	13.00	29	6.00	14.00
12	5.00	12.50	30	10.50	13.00
13	2.50	8.50	31	10.00	14.50
14	3.50	9.50	32	9.00	9.50
15	0.50	11.00	33	9.00	16.00
16	12.50	19.50	34	12.50	12.00
17	4.50	16.00	35	8.00	12.00
18	5.50	9.00	36	3.50	10.00

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.08 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 11.58 คะแนน

ตารางที่ ข-35 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	12.00	23.00	19	8.00	27.00
2	12.00	23.00	20	10.00	15.00
3	14.00	23.00	21	8.00	22.00
4	11.00	22.00	22	15.00	25.00
5	9.00	16.00	23	6.00	22.00
6	9.00	16.00	24	4.00	14.00
7	10.00	19.00	25	22.00	30.00
8	10.00	17.00	26	12.00	23.00
9	10.00	13.00	27	15.00	22.00
10	11.00	23.00	28	14.00	28.00
11	14.00	14.00	29	13.00	18.00
12	10.00	27.00	30	13.00	22.00
13	4.00	19.00	31	5.00	10.00
14	16.00	21.00	32	17.00	28.00
15	11.00	27.00	33	9.00	26.00
16	10.00	19.00	34	9.00	22.00
17	11.00	23.00	35	10.00	16.00
18	15.00	30.00	36	22.00	28.00

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 11.42 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 21.47 คะแนน

ตารางที่ ข-36 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (5E) (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	16.00	28.00	19	10.00	22.00
2	10.00	10.00	20	4.00	13.00
3	16.00	27.00	21	0.00	12.00
4	6.00	10.00	22	6.00	10.00
5	6.00	10.00	23	7.00	14.00
6	0.00	3.00	24	13.00	30.00
7	10.0	10.00	25	10.00	14.00
8	4.00	10.00	26	6.00	18.00
9	0.00	2.00	27	19.00	26.00
10	16.00	22.00	28	18.00	23.00
11	19.00	17.00	29	13.00	28.00
12	17.00	20.00	30	9.00	20.00
13	4.00	10.00	31	23.00	29.00
14	0.00	10.00	32	4.00	19.00
15	0.00	12.00	33	10.00	20.00
16	23.00	29.00	34	25.00	26.00
17	17.00	16.00	35	10.00	14.00
18	6.00	15.00	36	6.00	9.00

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.84 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 16.66 คะแนน

การคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ (5E) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Group Statistics

group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
score	Group1	36	13.0972	2.63173	.43862
	Group2	36	11.6806	3.20079	.43862

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
score	Equal variances assumed	1.556	.216	2.051	70	.044
	Equal variances not assumed			2.051	67.479	.044

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
score	Equal variances assumed	1.41667	.69063	.03924	2.79409
	Equal variances not assumed	1.41667	.69063	.03834	2.79499

การคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post -test	13.0972	36	2.63173	.43862
	Pre -test	6.0972	36	2.23868	.37311

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Post-test & Pre-test	36	.618	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post-test – Pre-test	7.00000	2.15804	.35967

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Post-test – Pre-test	-7.73018	-6.26982	19.462	35	.000

การคำนวณค่า t-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ (5E) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Group Statistics

group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
score	Group1	36	21.4722	5.10174	.85029
	Group2	36	16.8889	7.65983	1.27664

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
score	Equal variances assumed	8.626	.004	2.988	70	.004
	Equal variances not assumed			2.988	60.947	.004

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
score	Equal variances assumed	4.58333	1.53388	1.52410	7.64257
	Equal variances not assumed	4.58333	1.53388	1.51609	7.65058

การคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (5E) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post-test	21.4722	36	5.10174	.85029
	Pre-test	11.4167	36	4.08044	.68007

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Post-test & Pre-test	36	.558	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post-test – Pre-test	10.05556	4.40743	.73457

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Post-test – Pre-test	-11.54681	-8.56430	13.689	35	.000

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล
4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ 1

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	รหัสวิชา ว 33222
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร	ภาคเรียนที่ 1/2557
เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์		เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานที่ ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานที่ ว 3.2

เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้ และอธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้
2. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้
3. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้
4. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้

ด้านกระบวนการ / (สมรรถนะของผู้เรียน)

1. มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2. สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีนได้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์ / (คุณลักษณะอันพึงประสงค์)

1. นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น
2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม

สาระสำคัญ

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง เกิดจากการรวมตัวกันของกรดอะมิโนจำนวนมาก ซึ่งประกอบด้วยหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ สามารถทดสอบโปรตีนโดยใช้สารละลายไบยูเรต โดยธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น

สาระการเรียนรู้

โปรตีนเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง โดยแหล่งของโปรตีนพบในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่ว และงา เป็นต้น สามารถทดสอบโปรตีนในอาหารได้โดยใช้สารละลายไบยูเรต ซึ่งก็คือสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) เจือจางในสารละลายเบส สารละลายดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนของสายเพปไทด์ ได้สารสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสีของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในสารที่มีไดเพปไทด์ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป เรียกการทดสอบนี้ว่า การทดสอบไบยูเรต (biuret test)

โปรตีนในร่างกายของคนประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 20 ชนิด เป็นโครงสร้างพื้นฐาน กรดอะมิโนบางชนิดร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ แต่บางชนิดสังเคราะห์เองไม่ได้ต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้นซึ่งเรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ เมไทโอนีน ทรีโอนีน ไลซีน เวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ทริปโตเฟน และฮีสติดีน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร ☑ ความสามารถในการคิด ☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา
☐ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ☐ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ ซื่อสัตย์ สุจริต ☑ มีวินัย ☑ ใฝ่เรียนรู้

☐ อยู่อย่างพอเพียง ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน ☐ รักความเป็นไทย ☑ มีจิตสาธารณะ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน)

1. **ขั้นสร้างแบบจำลอง (25 นาที)**
   1.1 ครูถามคำถามว่า
      - ให้นักเรียนยกตัวอย่างโปรตีนในชีวิตประจำวันที่รู้จัก
      - เราจะพบโปรตีนได้ตามแหล่งใดบ้าง
      - นักเรียนคิดว่าโปรตีนมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบ
      - นักเรียนคิดว่าโปรตีนมีหน่วยย่อยคืออะไร
      - หน่วยย่อยของโปรตีนเชื่อมต่อกันอย่างไร ด้วยพันธะชนิดใด

   1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปตามประเด็นดังกล่าวข้างต้น

   1.3 ครูอธิบายความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการสร้างแบบจำลอง

   1.4 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาโครงสร้างของกรดอะมิโนจำเป็น 20 ชนิด โดยให้นักเรียนคิด ออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพวาดแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

2. **ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง (45 นาที)**
   2.1 ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยให้นักเรียนอธิบายถึงแนวคิดที่ตนเองใช้สร้างแบบจำลอง เพื่อครูจะได้ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์นักเรียน

   2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง โดยครูใช้คำถามดังนี้
      - โครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนที่นักเรียนสร้าง ประกอบด้วยอะไรบ้าง
      - นักเรียนคิดว่าองค์ประกอบใดในโครงสร้างของกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิดที่มีเหมือนกันและองค์ประกอบใดที่แสดงความแตกต่างของกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิด

- นักเรียนคิดว่าองค์ประกอบใดในโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนจะมีผลต่อสมบัติของกรดอะมิโน
- โซ่ข้างของกรดอะมิโนใดไม่มีขั้ว และกรดอะมิโนใดมีสมบัติเป็นกรด

2.3 ครูแบ่งกลุ่มและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิด ออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพวาดแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเองอีกครั้ง

2.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- พันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบใดของกรดอะมิโนบ้าง
- นักเรียนคิดว่าการเกิดพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นปฏิกิริยาอะไร มีผลิตภัณฑ์อะไรเกิดขึ้นบ้าง
- นักเรียนคิดว่าโปรตีนแต่ละชนิดประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เหมือนกันและมีจำนวนเท่ากันหรือไม่

2.5 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหารและกรดอะมิโนจำเป็น

2.6 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองของกลุ่มตนเองอีกครั้งเพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

2.7 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับกรดอะมิโน พันธะเพปไทด์ โครงสร้างของโปรตีน และการทดสอบโปรตีนในอาหาร

3. **ขั้นขยายแบบจำลอง (30 นาที)**

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิด ออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพวาดแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีนอีกครั้งโดยนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้วในขั้นสร้างแบบจำลองและขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลองมาใช้ โดยครูจะกำหนดชนิดของกรดอะมิโนเป็นไกลซีน (G) อะลานีน (A)

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองดังกล่าว เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นถูกต้องหรือไม่

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

3.4 ครูเฉลยคำตอบของแบบทดสอบ แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจแบบทดสอบรวมคะแนนส่งครู

การวัดและประเมินผล (ด้านความรู้, ด้านกระบวนการ, ด้านคุณลักษณะ)

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ Knowledge	การทดสอบหลังเรียน	แบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์	นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบ ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
ด้านกระบวนการ Process	- การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - การตรวจแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน	- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - แบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน	- นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม) - นักเรียน ร้อยละ 70 สามารถเขียนแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีนได้อย่างถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ Attitude	การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)

สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งเรียนรู้

สื่อ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

แหล่งเรียนรู้

กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์: http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/protien.htm

บันทึกหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

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

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น.....

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่มที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม										
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย										
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม										
4. การรักษาความสะอาด										
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน										
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบเรียบร้อย										
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน										
3. รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย										
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน										
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนเกิดความเข้าใจตรงกัน										
รวม (10)										

ข้อใดที่นักเรียนปฏิบัติ ได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ปฏิบัติ ได้คะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกตกำหนด ดังนี้

9-10 คะแนน ดีมาก 6-8 คะแนน ดี

3-5 คะแนน พอใช้ 0-2 คะแนน ควรปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ .....

แบบประเมินแบบจำลอง

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น .....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	
1.ความถูกต้องของมโนทัศน์	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์ รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	
2. อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	

แบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีนได้แก่อะไรบ้าง

   .....

2. หน่วยย่อยของโปรตีน คืออะไร

   .....

3. กรดอะมิโนประกอบด้วยอะไรบ้าง และกรดอะมิโนจำเป็น หมายความว่าอย่างไร

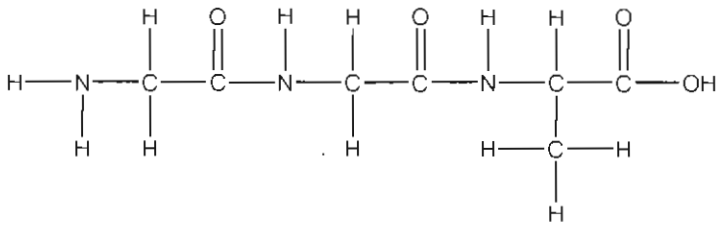
   .....

   .....

4. เราสามารถทดสอบไข่ขาว ไข่แดง และน้ำเต้าหู้ โดยใช้อะไร

   .....

5. จงพิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้



   ก. มีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ

   .....

   ข. เกิดจากกรดอะมิโนกี่ชนิด

   .....

ใบงานการสร้างแบบจำลอง (งานเดี่ยว)

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างของกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิด ที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของโปรตีน จากนั้นให้เขียนโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

ภาพวาดแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

ใบงานการสร้างแบบจำลอง (งานกลุ่ม 1)

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : พิจารณาข้อความต่อไปนี้

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมกุลหนึ่ง

จากข้อความข้างต้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเกิดพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นโซ่ยาวของโปรตีน

วาดภาพแบบจำลองแสดงพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นโซ่ยาวของโปรตีน

ใบงานการสร้างแบบจำลอง (งานกลุ่ม 2)

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเกิดพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน โดยกำหนดชนิดของกรดอะมิโนเป็นไกลซีน (G) และอะลานีน (A)

วาดภาพแบบจำลองแสดงพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนไกลซีน (G) และอะลานีน (A)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติที่ 1

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	รหัสวิชา ว 33222
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร	ภาคเรียนที่ 1/2557
เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์		เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานที่ ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานที่ ว 3.2

เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้ และอธิบายโครงสร้างของโปรตีนได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้
2. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้
3. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้
4. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้
5. อธิบายโครงสร้างของโปรตีนได้

ด้านกระบวนการ / (สมรรถนะของผู้เรียน)

1. มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ด้านจิตวิทยาศาสตร์ / (คุณลักษณะอันพึงประสงค์)

1. นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น
2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม

สาระสำคัญ

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง เกิดจากการรวมตัวกันของกรดอะมิโนจำนวนมาก ซึ่งประกอบด้วยหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ สามารถทดสอบโปรตีนโดยใช้สารละลายไบยูเรต โดยธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น

สาระการเรียนรู้

โปรตีนเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง โดยแหล่งของโปรตีนพบในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่ว และงา เป็นต้น สามารถทดสอบโปรตีนในอาหารได้โดยใช้สารละลายไบยูเรต ซึ่งก็คือสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) เจือจางในสารละลายเบส สารละลายดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนของสายเพปไทด์ ได้สารสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสีของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในสารที่มีไดเพปไทด์ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป เรียกการทดสอบนี้ว่า การทดสอบไบยูเรต (biuret test)

โปรตีนในร่างกายของคนประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 20 ชนิด เป็นโครงสร้างพื้นฐาน กรดอะมิโนบางชนิดร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ แต่บางชนิดสังเคราะห์เองไม่ได้ต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้นซึ่งเรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ เมไทโอนีน ทรีโอนีน ไลซีน เวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ทริปโตเฟน และฮีสติดีน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร ☑ ความสามารถในการคิด ☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา
☐ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ☐ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ ซื่อสัตย์ สุจริต ☑ มีวินัย ☑ ใฝ่เรียนรู้
☐ อยู่อย่างพอเพียง ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน ☐ รักความเป็นไทย ☑ มีจิตสาธารณะ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/ วิธีสอน)

1. **ขั้นสร้างความสนใจ** (10 นาที)
   1.1 ครูถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับโปรตีน
      - ให้ยกตัวอย่างโปรตีนในชีวิตประจำวันที่รู้จัก
      - เราจะพบโปรตีนได้ตามแหล่งใดบ้าง
      - นักเรียนคิดว่าโปรตีนมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบ
      - นักเรียนคิดว่าโปรตีนมีหน่วยย่อยคืออะไร

   1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปตามประเด็นดังกล่าวข้างต้น
2. **ขั้นสำรวจและค้นหา** (20 นาที)
   2.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน ให้แต่ละกลุ่มช่วยกันพิจารณาโครงสร้างของกรดอะมิโนจำเป็น 20 ชนิด โดยครูกำหนดประเด็นให้นักเรียนพิจารณา ดังนี้
      - องค์ประกอบของกรดอะมิโนมีอะไรบ้าง
      - วิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีเหมือนกัน และองค์ประกอบใดที่แสดงความแตกต่างของกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิด
      - องค์ประกอบใดของกรดอะมิโนจะมีผลต่อสมบัติของกรดอะมิโน
      - โซ่ข้างของกรดอะมิโนใดไม่มีขั้ว และกรดอะมิโนใดมีสมบัติเป็นกรด

   2.2 ครูสังเกตการณ์และแนะนำเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ

   2.3 นักเรียนสรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุด
3. **ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป** (30 นาที)
   3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอธิบายประเด็นดังกล่าวข้างต้นตามความเข้าใจของกลุ่ม

   3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวนั้นอีกครั้ง พร้อมทั้งช่วยกันสรุปโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

   3.3 ครูนำเสนอรูปภาพแสดงโครงสร้างของโปรตีนที่เกิดจากกรดอะมิโนหลายๆ ตัวเชื่อมกันด้วยพันธะเพปไทด์ ให้นักเรียนช่วยกันพิจารณา โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบใดของกรดอะมิโนบ้าง
- นักเรียนคิดว่าการเกิดพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นปฏิกิริยาอะไร มีผลิตภัณฑ์อะไรเกิดขึ้นบ้าง
- นักเรียนคิดว่าโปรตีนแต่ละชนิดประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เหมือนกันและมีจำนวนเท่ากันหรือไม่

3.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปในประเด็นดังกล่าวข้างต้น

4. **ขั้นขยายความรู้** (20 นาที)

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหารและกรดอะมิโนจำเป็น

5. **ขั้นประเมินผล** (20 นาที)

5.1 นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

5.2 ครูเฉลยคำตอบของแบบทดสอบ แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจแบบทดสอบรวมคะแนนส่งครู

การวัดและประเมินผล (ด้านความรู้, ด้านกระบวนการ, ด้านคุณลักษณะ)

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ Knowledge	การทดสอบหลังเรียน	แบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์	นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบ ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
ด้านกระบวนการ Process	การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)
ด้านคุณลักษณะ Attitude	การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)

สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งเรียนรู้

สื่อ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

แหล่งเรียนรู้

กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์: http://www.promma.ac.th/main/chemistry /boonrawd_site/protien.htm

บันทึกหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

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

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น .....

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่มที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม										
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย										
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม										
4. การรักษาความสะอาด										
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน										
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบเรียบร้อย										
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน										
3. รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย										
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน										
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนเกิดความเข้าใจตรงกัน										
รวม (10)										

ข้อใดที่นักเรียนปฏิบัติ ได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ปฏิบัติ ได้คะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกตกำหนด ดังนี้

9-10 คะแนน ดีมาก 6-8 คะแนน ดี

3-5 คะแนน พอใช้ 0-2 คะแนน ควรปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ .....

แบบทดสอบ เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

6. ธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีนได้แก่อะไรบ้าง

   .....

7. หน่วยย่อยของโปรตีน คืออะไร

   .....

8. กรดอะมิโนประกอบด้วยอะไรบ้าง และกรดอะมิโนจำเป็น หมายความว่าอย่างไร

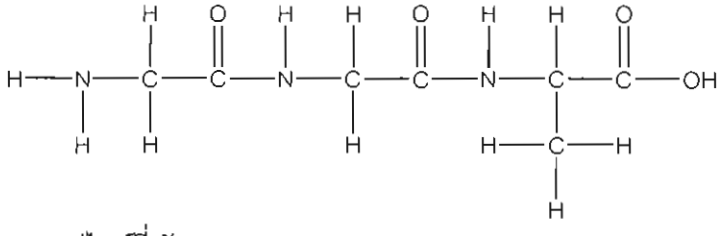
   .....

   .....

9. เราสามารถทดสอบไข่ขาว ไข่แดง และน้ำเต้าหู้ โดยใช้อะไร

   .....

10. จงพิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้



   ค. มีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ

   .....

   ง. เกิดจากกรดอะมิโนกี่ชนิด

   .....

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 18 หน้า จำนวนข้อสอบ 20 ข้อ
   คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ
   ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา
   ตอนที่ 2 เหตุผลในการเลือกคำตอบในตอนที่ 1
3. เกณฑ์การให้คะแนน
   ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหาและส่วนเหตุผลได้ 1 คะแนน
   ถ้าตอบถูกเฉพาะข้อคำถามเชิงเนื้อหาเพียงส่วนเดียวได้ 0.5 คะแนน
   ถ้าตอบถูกเฉพาะเหตุผลหรือตอบไม่ถูกทั้ง 2 ส่วนได้ 0 คะแนน
4. ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวอักษรในกระดาษคำตอบ

ข้อ	ข้อคำถาม				เหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	1	2	3	4
1.		X			X			

5. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบใหม่ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ข้อคำถาม				เหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	1	2	3	4
1.		~~X~~		X	~~X~~		X	

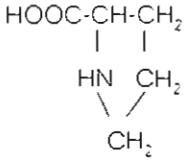
6. ห้ามทำเครื่องหมายใดๆ ลงในตัวข้อสอบ

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

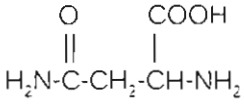
คำชี้แจง ให้นักเรียนกากบาท (X) คำตอบที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือกลงในกระดาษคำตอบ

1. สารในข้อใดที่ไม่ใช่กรดอะมิโนจากโปรตีน

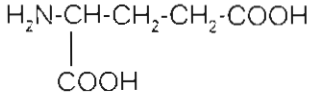
ก.



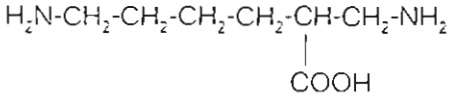
ข.



ค.



ง.



เหตุผลเนื่องจาก

1. องค์ประกอบของกรดอะมิโนนั้นมีเฉพาะหมู่อะมิโน และหมู่คาร์บอกซิลเท่านั้น
2. โซ่ข้างของกรดอะมิโนนั้นมีโครงสร้างเป็นโซ่ปิด
3. หมู่อะมิโนของกรดอะมิโนนั้นไม่ได้ต่อที่ตำแหน่งแอลฟา (α) ของคาร์บอน
4. สารนั้นไม่ใช่กรดอะมิโนแต่เป็นโปรตีน

2. เมื่อโปรตีนถูกย่อยจนถึงขั้นสุดท้ายและร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้งานได้ สารดังกล่าวคืออะไร

ก. กลีเซอรอล

ข. เพปไทด์

ค. กรดอะมิโน

ง. ธาตุ C, H, O และ N

เหตุผลเนื่องจาก

1. กลีเซอรอลเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน
2. เพปไทด์เป็นหน่วยย่อยของโปรตีน
3. กรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน
4. ธาตุ C, H, O และ N เป็นหน่วยย่อยของโปรตีน

3. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกรดอะมิโนจำเป็น

ก. กรดอะมิโนจำเป็นคือกรดอะมิโนที่ร่างกายขาดไม่ได้จะต้องสร้างไว้ใช้ตลอด

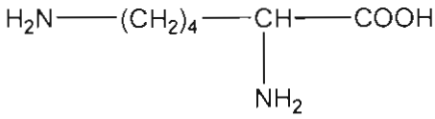
ข. กรดอะมิโนจำเป็นร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้

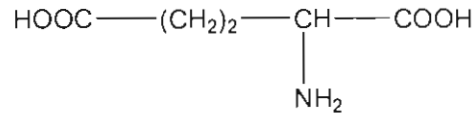
ค.กรดอะมิโนจำเป็นมีหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบ

ง. กรดอะมิโนจำเป็นสำหรับผู้ใหญ่มี 8 ชนิด

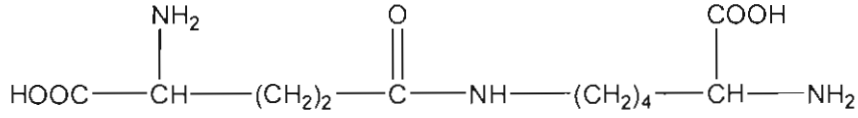
เหตุผลเนื่องจาก

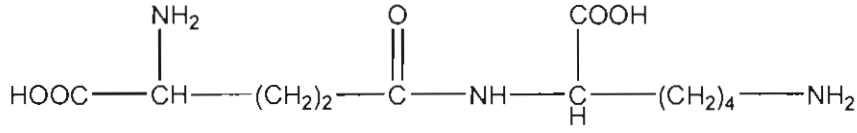
1. ที่ถูกต้องคือกรดอะมิโนจำเป็นร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้
2. ที่ถูกต้องคือกรดอะมิโนจำเป็นร่างกายสังเคราะห์เองได้ แต่มีปริมาณน้อย
3. ที่ถูกต้องคือกรดอะมิโนจำเป็นมีหมู่เอไมด์และหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบ
4. ที่ถูกต้องคือกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับผู้ใหญ่มี 9 ชนิด

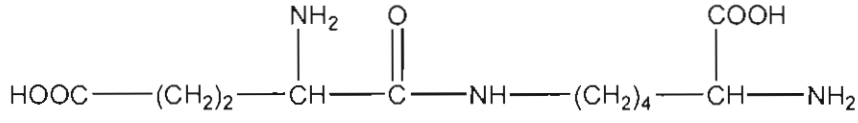
4. ไลซีนมีสูตรโครงสร้าง 

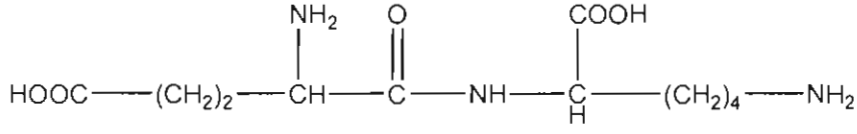
กรดกลูตามิกมีสูตรโครงสร้าง 

เมื่อกรดกลูตามิกทำปฏิกิริยารวมตัวกับไลซีนจะได้ไดเพปไทด์ตัวใด

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

เหตุผลเนื่องจาก

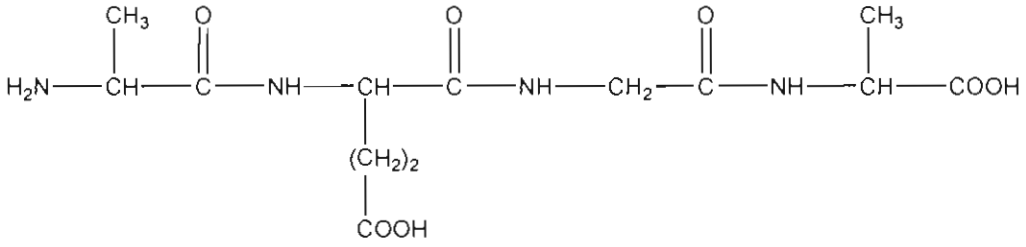
1. ไดเพปไทด์เกิดจากหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดกลูตามิกเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ของไลซีน

2. ไดเพปไทด์เกิดจากหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดกลูตามิกเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่ตำแหน่งแอลฟา (α) คาร์บอนของไลซีน

3. ไดเพปไทด์เกิดจากหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ที่ตำแหน่งแอลฟา (α) คาร์บอนของกรดกลูตามิกเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ของไลซีน

4. ไดเพปไทด์เกิดจากหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ที่ตำแหน่งแอลฟา (α) คาร์บอนของกรดกลูตามิกเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่ตำแหน่งแอลฟา (α) คาร์บอนของไลซีน

5. จากโครงสร้างของโมเลกุลเพปไทด์ที่กำหนดให้



จำนวนกรดอะมิโน ชนิดของกรดอะมิโน และจำนวนพันธะเพปไทด์ ข้อใดถูกต้อง

ก. 4, 3 และ 3

ข. 4, 3 และ 4

ค. 4, 4 และ 3

ง. 4, 4 และ 4

เหตุผลเนื่องจาก

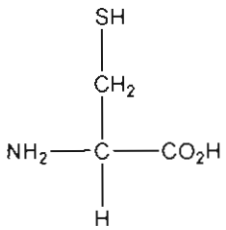
1. โมเลกุลเพปไทด์มีจำนวนกรดอะมิโน 4 ตัว เป็นกรดอะมิโนต่างชนิดกันทั้งหมด เกิดการเชื่อมต่อกันได้พันธะเพปไทด์3 พันธะ

2. โมเลกุลเพปไทด์มีจำนวนกรดอะมิโน 4 ตัว เป็นกรดอะมิโนต่างชนิดกันทั้งหมด เกิดการเชื่อมต่อกันได้พันธะเพปไทด์4พันธะ

3. โมเลกุลเพปไทด์มีจำนวนกรดอะมิโน 4 ตัว เป็นกรดอะมิโนชนิดเดียวกัน 2ตัวเกิดการเชื่อมต่อกันได้พันธะเพปไทด์3 พันธะ

4. โมเลกุลเพปไทด์มีจำนวนกรดอะมิโน 4 ตัว เป็นกรดอะมิโนชนิดเดียวกัน 2ตัว เกิดการเชื่อมต่อกันได้พันธะเพปไทด์4พันธะ

6. โซ่ข้างของกรดอะมิโนที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ส่งผลต่อการเกิดโครงสร้างสามมิติของโปรตีน โดยจะเกิดแรงอย่างอ่อนชนิดใด



ซิสเตอีน

ก. พันธะไฮโดรเจน

ข. พันธะไดซัลไฟด์

ค. พันธะไอออนิก

ง. แรงวานเดอร์วาลส์

เหตุผลเนื่องจาก

1. อะตอมไฮโดรเจนบนโซ่ข้างของกรดอะมิโนสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้
2. อะตอมซัลเฟอร์บนโซ่ข้างของกรดอะมิโนสามารถเกิดพันธะไดซัลไฟด์ได้
3. อะตอมไฮโดรเจนบนโซ่ข้างของกรดอะมิโนสามารถเกิดพันธะไอออนิกได้
4. อะตอมซัลเฟอร์บนโซ่ข้างของกรดอะมิโนสามารถเกิดแรงวานเดอร์วาลส์ได้

7. การทดสอบไบยูเร็ตด้วยสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) เจือจางในเบส จะได้สารสีม่วงน้ำเงินเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะสารละลายไบยูเร็ตทำปฏิกิริยากับส่วนใดของโปรตีน

   ก. หมู่คาร์บอกซิลิกของกรดอะมิโน

   ข. หมู่อะมิโนของกรดอะมิโน

   ค. พันธะเพปไทด์

   ง. พันธะเอมีน

   เหตุผลเนื่องจาก

   1. สารละลายไบยูเร็ตทำปฏิกิริยากับออกซิเจนบนหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดอะมิโน
   2. สารละลายไบยูเร็ตทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนบนหมู่อะมิโนของกรดอะมิโน
   3. สารละลายไบยูเร็ตทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนบนพันธะเพปไทด์
   4. สารละลายไบยูเร็ตทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนบนพันธะเอมีน

8. เอนไซม์ชนิดหนึ่งมีสมบัติเร่งให้ผักหรือผลไม้สุก (เป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในห้องปฏิบัติการได้ผลดังนี้

ชุดที่1	อุณหภูมิ (°C) ที่ pH 6	0	20	35	50		
	ความเข้มของสี	ไม่มีสี	สีอ่อน	สีแก่	สีอ่อน		
ชุดที่2	pH ที่อุณหภูมิ 35°C	3	4	5	6	7	8
	ความเข้มของสี	ไม่มีสี	สีอ่อน	สีปานกลาง	สีแก่	สีแก่	ไม่มีสี

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์นี้คืออะไร

ก. อุณหภูมิ

ข. pH

ค. อุณหภูมิและที่ pH <7

ง. ทั้งอุณหภูมิและ pH

เหตุผลเนื่องจาก

1. ที่อุณหภูมิต่างกัน ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เท่ากัน
2. ที่ pH ต่างกัน ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เท่ากัน
3. ที่อุณหภูมิต่างกันและที่ pH < 7 ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เท่ากัน
4. ที่อุณหภูมิและที่ pH ต่างกัน ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เท่ากัน

9. ไข่ขาว เนื้อ ไก่ และหอยนางรม ในข้อใดต่อไปนี้ที่โปรตีนไม่ถูกทำลายหรือแปลงสภาพ

ก. เนื้อที่แช่ไว้ในตู้เย็นเพื่อแกงใส่บาตร

ข. ไข่ขาวดิบที่คนไข้กลืนเข้าไปเพื่อขจัดยาพิษ

ค. ไก่ที่ทอดจนเหลืองกรอบจะปลอดภัยจากไข้หวัดนก

ง. หอยนางรมบีบมะนาวเป็นอาหารโปรดของมนัส

เหตุผลเนื่องจาก

1. โปรตีนจะไม่ถูกแปลงสภาพเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง
2. โปรตีนจะไม่ถูกแปลงสภาพเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ
3. โปรตีนจะไม่ถูกแปลงสภาพเมื่อเจอสภาพที่เป็นกรด
4. โปรตีนจะไม่ถูกแปลงสภาพเมื่อเจอสภาพที่เป็นเบส

10. ถ้ารับประทานอาหารที่ปนเปื้อนพวกโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว สารหนู หรือปรอท ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้นจะต้องให้ผู้ป่วยรับประทานอาหารที่มีสารอาหารประเภทใด

ก. คาร์โบไฮเดรต

ข. กรดนิวคลีอิก

ค. โปรตีน

ง. ลิพิด

เหตุผลเนื่องจาก

1. สารนั้นจะช่วยให้การอาเจียนน้อยลง
2. สารนั้นมีเอนไซม์ช่วยย่อยทำให้โลหะหนักสลายตัวไป
3. สารนั้นจะไปรวมกับโลหะหนักและแปลงสภาพ เมื่อผู้ป่วยอาเจียนโลหะหนักจะออกจากร่างกาย
4. สารนั้นจะไปเคลือบกระเพาะอาหารไม่ให้ร่างกายดูดซึมโลหะหนักเข้าไป

11. ไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบประเภทใด

ก. กรดไขมัน

ข. แอลกอฮอล์

ค. เอสเทอร์

ง. อีเทอร์

เหตุผลเนื่องจาก

1. ไขมันและน้ำมันมีหมู่คาร์บอซิลเป็นองค์ประกอบ

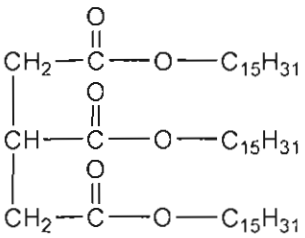
2. ไขมันและน้ำมันมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบ

3. ไขมันและน้ำมันมีหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิลเป็นองค์ประกอบ

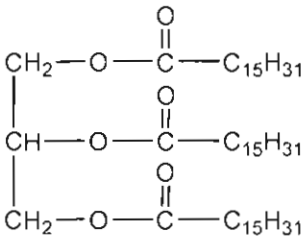
4. ไขมันและน้ำมันมีหมู่แอลคอกซีเป็นองค์ประกอบ

12. เมื่อนำไขมันชนิดหนึ่งไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก จะได้กรดไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโมเลกุล $C_{16}H_{32}O_2$ ข้อใดเป็นสูตรโครงสร้างของไขมันชนิดนี้

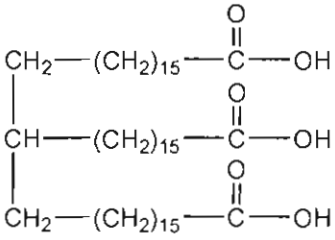
ก.



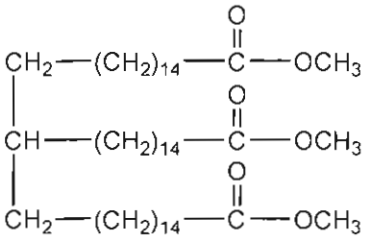
ข.



ค.



ง.



เหตุผลเนื่องจาก

1. โครงสร้างของไขมันต้องเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกลีเซอรอล

2. โครงสร้างของไขมันต้องเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกลีเซอไรด์

3. โครงสร้างของไขมันต้องเป็นสารประกอบคาร์บอกซิลิกที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกลีเซอรอล

4. โครงสร้างของไขมันต้องเป็นสารประกอบคาร์บอกซิลิกที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกลีเซอไรด์

13. ละลายน้ำมัน A B C และ D ในเฮกเซนให้มีความเข้มข้นเท่ากัน แล้วทดสอบการฟอกสีกับสารละลายโบรมีน (Br_2)

น้ำมัน	A	B	C	D
จำนวนหยดของสารละลาย Br_2	37	45	74	90

ข้อสรุปใดผิด

ก. น้ำมัน D มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุด

ข. น้ำมัน C มีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าในน้ำมัน B

ค. น้ำมัน C และ D มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นสองเท่าของที่มีในน้ำมัน A และ B ตามลำดับ

ง. น้ำมัน A มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยที่สุด

เหตุผลเนื่องจาก

1. จำนวนหยดของสารละลาย Br_2 ที่ใช้จะแปรผันตรงกับจำนวนกรดไขมันอิ่มตัวที่มีในน้ำมัน

2. จำนวนหยดของสารละลาย Br_2 ที่ใช้จะแปรผันตรงกับจำนวนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน

3. น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ จะฟอกจางสีสารละลาย Br_2 ได้มาก

4. น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง จะฟอกจางสีสารละลาย Br_2 ได้มาก

14. กำหนดปริมาณร้อยละของกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังตาราง

สาร	ปริมาณร้อยละของกรดไขมัน	
	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว
A	100	0
B	17	83
C	95	5
D	48	52

สารใดเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะมีสถานะเป็นของแข็ง

ก. B และ D

ข. A และ C

ค. B

ง. D

เหตุผลเนื่องจาก

1. สารที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

2. สารที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยว จะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

3. สารที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว จะมีสถานะเป็นของแข็งอุณหภูมิห้อง

4. สารที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ จะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

15. ไขมันหรือน้ำมันใดที่รับประทานแล้วมีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันน้อยที่สุด

ก. เนย

ข. น้ำมันหมู

ค. ครีมเทียม

ง. น้ำมันมะกอก

เหตุผลเนื่องจาก

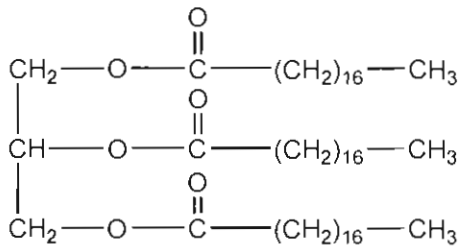
1. การรับประทานไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณมากอาจมีผลให้หลอดเลือดอุดตันสูง

2. การรับประทานไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมากอาจมีผลให้หลอดเลือดอุดตันสูง

3. การรับประทานไขมันหรือน้ำมันที่มีคอเลสตอรอลปริมาณมากอาจมีผลให้หลอดเลือดอุดตันสูง

4.การรับประทานไขมันหรือน้ำมันที่มีฟอสโฟลิพิดปริมาณมากอาจมีผลให้หลอดเลือดอุดตันสูง

16. ไขมันไตรสเตียริน มีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



เมื่อนำมาทำสะปอนนิฟิเคชันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรากฏว่าได้กลีเซอรอล และสบู่ A โครงสร้างของสบู่ A เป็นอย่างไร

ก. $CH_3(CH_2)_{14}CH_2CH_2CO_2Na$

ข. $CH_3(CH_2)_{15}CO_2Na$

ค. $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_6CH_2CO_2Na$

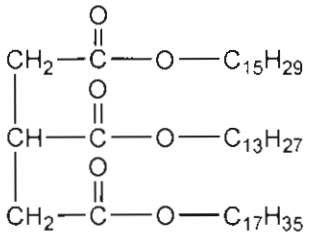
ง. $CH_3(CH_2)_{16}CH_2CO_2Na$

เหตุผลเนื่องจาก

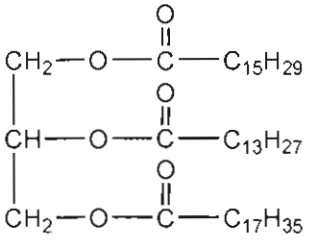
1. สบู่ A เป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมัน $CH_3(CH_2)_{16}CH_2COOH$
2. สบู่ A เป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมันสเตียริก
3. สบู่ A เป็นเกลือโซเดียมของกลีเซอรอล
4. สบู่ A เป็นเกลือโซเดียมของกลีเซอไรด์

17. ไขมันชนิดหนึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้กลีเซอรอล และเกลือโซเดียมของกรดไขมัน 3 ชนิด ซึ่งเกลือโซเดียมของกรดไขมัน 2 ชนิด ไม่ฟอกจางสีสารละลายโบรมีน (Br_2) แต่อีกชนิดหนึ่งฟอกจางสีสารละลายโบรมีน (Br_2) โครงสร้างของไขมันในข้อใดสอดคล้องกับข้อมูลข้างต้น

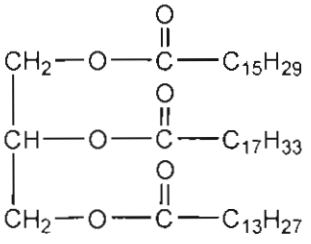
ก.



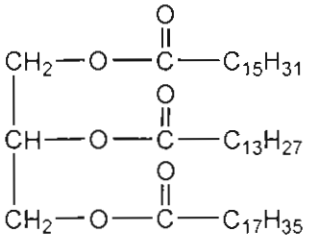
ข.



ค.



ง.



เหตุผลเนื่องจาก

1. โครงสร้างของไขมันต้องมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ

2. โครงสร้างของไขมันต้องมีกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 ชนิด เป็นองค์ประกอบ

3. โครงสร้างของไขมันต้องมีกรดไขมันอิ่มตัว 1 ชนิด และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 2 ชนิด เป็นองค์ประกอบ

4. โครงสร้างของไขมันต้องมีหมู่แอลคิลในโมเลกุลของกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวเป็นองค์ประกอบเท่านั้น

18. การที่สบู่สามารถดึงหยดน้ำมันออกจากเสื้อผ้าได้เพราะเหตุใด

ก. โมเลกุลของน้ำมันมีขนาดเล็กสามารถถูกล้อมรอบโดยโมเลกุลของน้ำได้

ข. โมเลกุลของสบู่เข้าไปอยู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทำให้น้ำมันแตกออกเป็นหยดเล็กๆ

ค. โมเลกุลของสบู่หันปลายที่ไม่มีขั้วไปละลายน้ำมันส่วนปลายที่มีขั้วอยู่ในน้ำ

ง. โมเลกุลของสบู่ละลายน้ำมันได้ดี

เหตุผลเนื่องจาก

1. โมเลกุลของสบู่มีขั้วสูงจึงถูกล้อมรอบโดยโมเลกุลของน้ำได้

2. โมเลกุลของสบู่ไม่มีขั้วจึงกระจายตัวเข้าไปในน้ำมันได้

3. โมเลกุลของสบู่และน้ำมันเกิดโครงสร้างไมเซลล์ หลุดออกมากระจายตัวในน้ำ

4. โมเลกุลของสบู่ไม่มีขั้วจึงสามารถละลายน้ำมันได้ดี

19. ไขมันและน้ำมันใดมีโอกาสเหม็นหืนมากที่สุด

ก. น้ำมันหมู

ข. น้ำมันมะกอก

ค. เนย

ง. ครีมเทียม

เหตุผลเนื่องจาก

1. เป็นไขมันที่ได้จากการเติม H ทำให้พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหายไปจึงเกิดการเหม็นหืนมากที่สุด

2. เป็นไขมันผลิตจากนมมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบด้วยจึงเกิดการเหม็นหืนมากที่สุด

3. เป็นไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่จึงเกิดการเหม็นหืนมากที่สุด

4. เป็นไขมันที่ได้จากสัตว์จึงเกิดการเหม็นหืนมากที่สุด

20. ข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. ฟอสโฟลิพิดเมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดโครงสร้าง 2 ชั้น โดยหันส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนเข้าหากัน และหันส่วนที่มีขั้วเข้าหาโมเลกุลของน้ำ

ข. ไขเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีจุดหลอมเหลวต่ำ ใช้เคลือบผิวผลไม้เพื่อ ป้องกันการสูญเสียน้ำ

ค. สเตอรอยด์เป็นกลุ่มของลิพิด ที่มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์วิตามินดีที่ผิวหนัง

ง. ไม่มีข้อใดกล่าวผิด

เหตุผลเนื่องจาก

1. ที่ถูกต้องคือฟอสโฟลิพิดเมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดโครงสร้าง 2 ชั้น โดยหันส่วนที่มีขั้วเข้าหากัน และหันส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนเข้าหาโมเลกุลของน้ำ

2. ที่ถูกต้องคือไขเป็นของแข็งได้เมื่ออุณหภูมิต่ำ ๆ

3. ที่ถูกต้องคือ สเตอรอยด์มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์กรดน้ำดีที่ตับ

4. ไม่มีข้อใดกล่าวผิด

เฉลยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 ข้อ

****

ข้อที่	ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา	ตอนที่ 2 เหตุผลในการเลือกคำตอบ
1	ง	3
2	ก	1
3	ค	3
4	ง	4
5	ก	3
6	ข	2
7	ค	3
8	ง	4
9	ก	2
10	ค	3
11	ค	3
12	ข	1
13	ค	2
14	ข	3
15	ง	1
16	ก	2
17	ค	3
18	ข	3
19	ข	2
20	ง	4

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัยวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างขึ้นมาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น และพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

2. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยเขียนคำตอบออกมาเป็นแบบจำลอง 3 แบบ ได้แก่

   1) แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด

   2) แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความ

   3) แบบจำลองที่แสดงด้วยโครงสร้างทางเคมี

3. กำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

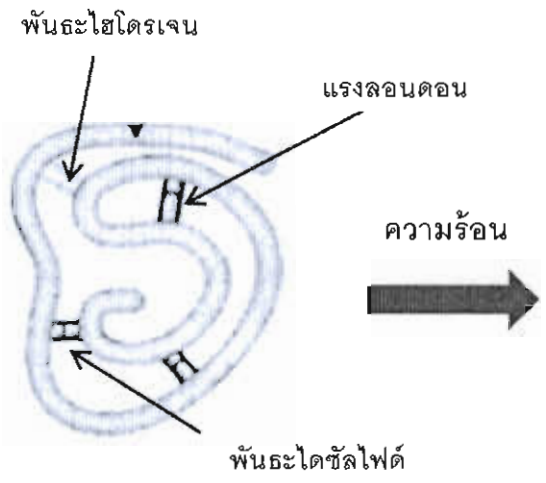
1. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

> กรรมวิธีในการทำโยเกิร์ต จะให้ความร้อนกับน้ำนมที่อุณหภูมิ 60 °C ซึ่งจะทำให้โปรตีนในน้ำนมแข็งตัวเป็นโยเกิร์ต

จากข้อความข้างต้น นักเรียนคิดว่าเป็นการนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดมาใช้ประโยชน์ ให้นักเรียนวาดภาพอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนในน้ำนมหลังให้ความร้อน

เป็นการนำความรู้เรื่อง.....มาใช้ประโยชน์

วาดภาพอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนในน้ำนมหลังให้ความร้อน

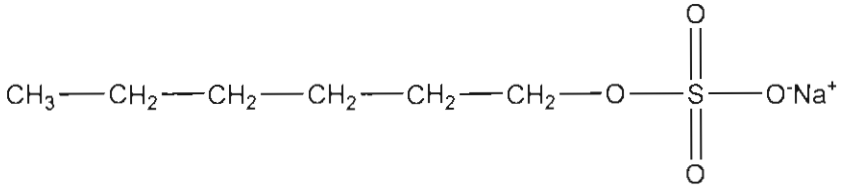


โครงสร้างโปรดีน
ก่อนให้ความร้อน

โครงสร้างโปรตีน
หลังให้ความร้อน

2. ครูแนนเป็นครูสอนวิชาเคมี เขาต้องการสอนให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการใช้ผงซักฟอกทำความสะอาดไขมันด้วยการอธิบายโดยใช้แบบจำลองภาพวาด ดังนั้น นักเรียนคิดว่าครูแนนควรวาดภาพแบบจำลองเป็นลักษณะใดเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจได้ดีที่สุด

กำหนดโครงสร้างของผงซักฟอก ดังนี้



เขียนสัญลักษณ์แทนโครงสร้างของผงซักฟอก

แบบจำลองแสดงกลไกการใช้ผงซักฟอกทำความสะอาดไขมัน

3. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

> น้ำมันประเภทไม่อิ่มตัวจะเกิดอนุมูลอิสระได้มาก เนื่องจากมีพันธะคู่จึงเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย ดังนั้นในการปรุงอาหารที่มีการให้ความร้อนนานๆ เช่น การทอด จึงควรใช้น้ำมันประเภทอิ่มตัว เพราะจะเกิดอนุมูลอิสระได้ยากกว่า แต่ถ้าให้ความร้อนไม่นาน เช่น การผัด สามารถใช้น้ำมันแบบไม่อิ่มตัวได้

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอดและการผัด โดยให้นักเรียนสมมติหมู่แอลคิล (R) ในโครงสร้างของน้ำมันขึ้นเองให้เหมาะสม

โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอด

โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการผัด

4. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญอย่างมาก เป็นองค์ประกอบหลักของผิวหนัง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ทุกๆ เซลล์ในร่างกายไว้ด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นเนื้อเยื่อ เป็นอวัยวะ และร่างกายที่สมบูรณ์ขึ้นมาได้ คอลลาเจนจึงมีปริมาณถึง 1 ใน 3 ของโปรตีนในร่างกาย เพราะเป็นโครงสร้างในส่วนที่ยืดหยุ่นของร่างกาย

เมื่ออายุมากขึ้นคอลลาเจนในร่างกายและผิวหนังจะเสื่อมสภาพไป ร่างกายสร้างคอลลาเจนได้น้อยลง จึงเป็นเหตุให้ผิวหนังเหี่ยวย่น แต่ข้อมูลเรื่องการบริโภคคอลลาเจนจากแหล่งอื่นๆ จะเสริมสร้างคอลลาเจนในร่างกายได้นั้น เป็นข้อมูลที่บิดเบือนข้อเท็จจริงบางอย่างไว้ และเลือกใช้ถ้อยคำโฆษณาที่ฟังดูดีทำผู้ฟังคล้อยตาม ซึ่งโฆษณามักบิดเบือนความจริงโดยใช้คำว่า "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนัง ซึ่งไม่ใช่การโกหกแต่อย่างใด เพราะการกินคอลลาเจนร่างกายจะได้รับกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างโปรตีนทุกชนิด รวมทั้งคอลลาเจนด้วย แต่นั่นไม่ได้หมายความว่ากรดอะมิโนที่ได้รับจะถูกนำไปสร้างเป็นคอลลาเจน ในผู้สูงอายุร่างกายมีการสร้างคอลลาเจนที่ผิวหนังน้อยลง ไม่ได้เป็นเพราะขาดกรดอะมิโนที่เป็นวัตถุดิบในการสร้าง แต่เป็นเพราะกลไกต่างๆ ในการสร้างคอลลาเจนเสื่อมไปตามอายุ ดังนั้น การกินกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นจึง แทบจะไม่ "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนังเลย

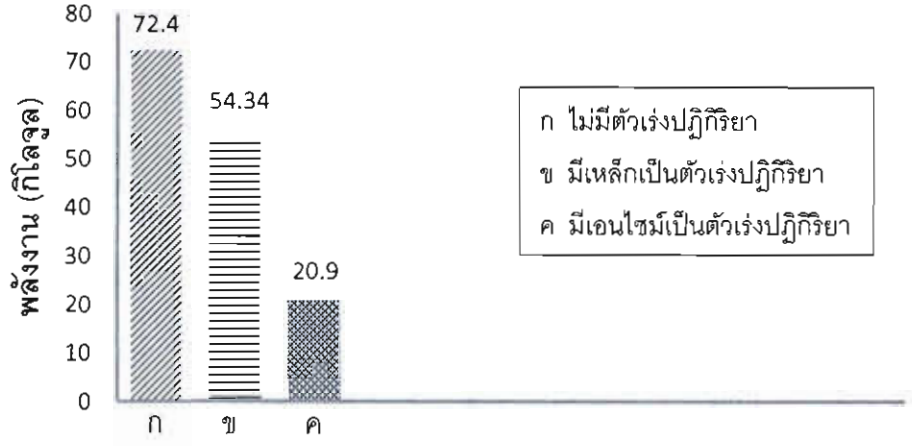
จากข้อความข้างต้น นักเรียนคิดว่าหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้งานได้มีโครงสร้างเป็นแบบใด

หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจน

5. การสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 1 โมล ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำและออกซิเจนโดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา จะมีพลังงานก่อกัมมันต์ 72.4 กิโลจูล ถ้ามีเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะใช้พลังงานก่อกัมมันต์ 53.34 กิโลจูล แต่ถ้าใช้เอนไซม์คะตะเลสจากตับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะใช้พลังงานก่อกัมมันต์เพียง 20.9 กิโลจูล

ปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 : $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$

กราฟแสดงพลังงานก่อกัมมันต์ที่ใช้ไป
ในปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2



จากข้อมูลดังกล่าว ให้นักเรียนอธิบายว่าการสลายตัวของ H_2O_2 ในกรณีที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และกรณีที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเอนไซม์และเป็นเหล็ก จะมีผลต่อพลังงานก่อกัมมันต์ที่ใช้ไปในปฏิกิริยาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น .....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	
1.ความถูกต้องของมโนทัศน์	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแบบจำลองบนพื้นฐานของมโนทัศน์ที่มีในปรากฏการณ์รวมทั้งระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	
2. อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	