ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาวธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

EFFECTS OF USING THE 4EX2 INSTRUCTIONAL MODEL ON CONCEPTS ABOUT LIGHT AND VISION AND SKILLS IN INTERPRETING DATA AND MAKING CONCLUSION OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Thanyarat Kaewsingam

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Education Program in Science Education

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน4EX2ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาวธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี)

ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม: ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (EFFECTS OF USING THE 4EX2 INSTRUCTIONAL MODEL ON CONCEPTS ABOUT LIGHT AND VISION AND SKILLS IN INTERPRETING DATA AND MAKING CONCLUSION OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ, 140 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 2) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป 3) เปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2และ 4)เปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคปลาย ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.79 และ 0.75 ตามลำดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตร และการสอน ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554

5183335427: MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: 4EX2 INSTRUCTION MODEL/CONCEPTS ABOUT LIGHT AND VISION/SKILLS IN INTERPRETING DATA AND MAKING CONCLUSIONS

THANYARAT KAEWSINGAM : EFFECTS OF USING THE 4EX2 INSTRUCTION MODEL ON CONCEPTS ABOUT LIGHT AND VISION AND SKILLS IN INTERPRETING DATA AND MAKING CONCLUSION OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST.PROF.ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 140 pp.

This study was a quasi-experiment research. The purposes of this research were 1) to compare concepts about light and vision of students learning science through 4EX2 instruction model between before and after learning 2) to compare concepts about light and vision of students after the experiment between groups learning science through 4EX2 instruction model and conventional teaching method and 3) to compare skills in interpreting data and making conclusions of students learning through 4EX2 instruction model between before and after experiment 4) to compare skills in interpreting data and making conclusions of students after the experiment between groups learning science through 4EX2 instruction model and conventional teaching method. The samples were two classes of Matayomsuksa two students of Sriprachan Mathepramook School in the second semester of academic year 2011.Those classrooms samples were assigned to an experimental group learning science though 4EX2 instruction model and a control group learning science through conventional teaching method. The research instruments were test on concepts about light and vision and on skills in interpreting data and making conclusions with reliability at 0.79 and 0.75 respectively. The collected data were analyzed by using arithmetic means, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. After the experiment, the experimental group had an average score of concepts about light and vision higher than before the experiment at .05 level of significance.

2. After the experiment, the experimental group had an average score of concepts about light and vision higher than the control group at .05 level of significance.

3. After the experiment, the experimental group had an average score of skills in interpreting data and making conclusion higher than before the experiment at .05 level of significance.

4. After the experiment, the experimental group had an average score of skills in interpreting data and making conclusion higher than the control group at .05 level of significance.

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

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

Academic Year: 2011 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอนด้วยความอดทน และความเมตตา ตลอดจนคำแนะนำและข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย การดำรงชีวิตและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณา และความปราถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ โดยเฉพาะอาจารย์ไพศรี วิบูลย์อรรถกร ที่ให้ความห่วงใย และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 และ 2/2 ปีการศึกษา 2554 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณผู้อำนวยการ และคณะครูโรงเรียนวัดราษฎร์บำรุง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้โอกาสในการศึกษา ตลอดจนกำลังใจ ความห่วงใยและการสนับสนุนช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และเครือญาติทุกท่านที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านสำหรับการวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ ต่างสถาบัน ที่คอยห่วงใย และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ…….. 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…….…… 1

1.2 คำถามการวิจัย……..……... 5

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..…… 5

1.4 สมมติฐานของการวิจัย……..……... 6

1.5 ขอบเขตของการวิจัย……..…… 7

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น..……..…… 8

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย……..…… 8

1.8 กรอบแนวคิดในการวิจัย……..…… 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….. 12

2.1 การเรียนรู้แบบสืบสอบกับการเรียนวิทยาศาสตร์……..…… 13

2.1.1 ความเป็นมาและแนวคิดของการเรียนรู้แบบสืบสอบ……..... 13

2.1.2 วงจรการเรียนรู้แบบสืบสอบ.....……... 16

2.1.3 รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 4EX2.....……... 21

2.1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2..…… 22

2.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์.....……..…… 33

2.2.1 ความสำคัญของมโนทัศน์กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....……... 33

2.2.2 ความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์……. 33

2.2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์.....…… 35

บทที่ หน้า
2.3 ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป..... 39
2.3.1 ความสำคัญของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป..... 39
2.3.2 ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป..... 40
2.3.3 แนวทางการวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป..... 53
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 57
2.4.1 งานวิจัยในประเทศ..... 57
2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ..... 57
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 59
3.1 รูปแบบการวิจัย..... 59
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 60
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 61
3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 71
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 71
4 ผลการวิจัย..... 73
4.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น..... 73
4.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป..... 75
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 78
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 78
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 79
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 81
รายการอ้างอิง..... 83
ภาคผนวก..... 89
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 90
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 92
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้..... 107
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 137
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 140

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จุดประสงค์ คำถาม การประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2.....	28
2.2	สรุปจุดประสงค์ บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2.....	31
2.3	ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ.....	49
3.1	ผลการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนจำนวน 7 ห้อง.....	61
3.2	จำนวนข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น.....	63
3.3	จำนวนข้อของแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป……..	66
3.4	จำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงและการมองเห็น.....	68
4.1	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าที มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง.....	74
4.2	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	75
4.3	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	76
4.4	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าคะแนนทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	77
6.1	มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2……	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
2.1	พัฒนาการรูปแบบการสอนจากวงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัส เป็นรูปแบบการสอนแบบ 5E ของ BSCS.....	18
2.2	การขยาย รูปแบบการสอนแบบ 5E เป็น วงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	20
2.3	เปรียบเทียบวงจรการเรียนรู้ รูปแบบการสอนและรูปแบบการสอน แบบ 4EX2.....	21
3.1	รูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design.....	59

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต ทั้งในระดับมหภาคและในระดับจุลภาค ในระดับมหภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแรงขับเคลื่อนสำหรับการพัฒนาประเทศ เป็นปัจจัยในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้า เนื่องจากความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถปรับผลผลิตที่มีมูลค่าน้อยให้มีมูลค่าสูงขึ้น และช่วยในการเพิ่มขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ (คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554: 13; คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (สกศ.), 2543) ในระดับจุลภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในด้านการดำรงชีวิต และการพัฒนาความคิด กล่าวคือ มนุษย์ได้ใช้ผลผลิตอันเกิดจากความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ และการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น และมนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดจากวิทยาศาสตร์ ทั้งการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล การคิดอย่างสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมถึงการพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และความสามารถในการตัดสินใจจากข้อมูลและหลักฐานที่ปรากฏ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้กับทุกคน เพื่อที่จะได้มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถใช้ความรู้ได้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (ศึกษาธิการ,.2551: 94; Queen's Printer for Ontario, 2008) ซึ่งการพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในระดับบุคคล ต้องอาศัยการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ (สกศ., 2543: คำนำ)

เมื่อพิจารณาเป้าหมายการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่นานาชาติต่างให้ความสำคัญในศตวรรษนี้ คือ การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) (Enger and Yager, 2001: 1; Fensham, 2008) โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของมลรัฐออนทาริโอ ประเทศแคนาดาได้อธิบายความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) การมีทักษะ (skills) และลักษณะนิสัยที่จำเป็นสำหรับโลกที่มีวิทยาศาสตร์เป็นฐานในศตวรรษที่ 21 (Queen's Printer for Ontario, 2008: 3) ขณะที่องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation

and Development; OECD, 2007) ได้กำหนดองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ ความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific concepts) การมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์(scientific processes) และการประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific situations) ในชีวิตจริงนอกห้องเรียน จากความหมายของการรู้ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป้าหมายดังกล่าวนี้ปรากฏในหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศ เช่น หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของมลรัฐออนทาริโอ กำหนดเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาไว้ 3 ประการ คือ 1) บูรณาการวิทยาศาสตร์สู่เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม 2) พัฒนาทักษะวิธีการและลักษณะนิสัยที่จำเป็นสำหรับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และ 3) เข้าใจมโนทัศน์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ (Queen's Printer for Ontario, 2008: 4) เช่นเดียวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์ที่เน้นการใช้กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สู่เป้าหมายหลักในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ 1) ความรู้ ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ 2) ทักษะและกระบวนการ 3) จริยธรรมและเจตคติ และขยายเป้าหมายหลักทั้ง 3 ประการสู่วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน วิทยาศาสตร์ในสังคม และวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม (Ministry of Education, Singapore, 2008) จากเป้าหมายดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มิได้มุ่งเน้นเฉพาะเนื้อหาความรู้ แต่เน้นทั้งความรู้ ทักษะกระบวนการ และการประยุกต์ใช้ความรู้ด้วย

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสำเร็จของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ สถานการณ์การศึกษาย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ.2551-พ.ศ.2553 พบว่าผลการทดสอบวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ทั้ง 3 ปี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 39.44, 29.16 และ29.17 คะแนน ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, ออนไลน์) และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในปีพ.ศ. 2547 พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2552 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนมาตรฐาน 500 คะแนน ทุกปีเช่นกัน โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 432, 429 และ 425 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเทียบคะแนนดังกล่าวของประเทศไทยกับประเทศต่างๆ ที่เข้าร่วมการทดสอบด้วยกันปรากฏว่า ผลการทดสอบดังกล่าวของประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 47-49 จาก 65 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) จากผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้นสะท้อนว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จทั้งในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ทั้งในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ

ในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังไม่ตอบสนองต่อเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษา (เลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 1) อันเป็นปัญหาสำคัญเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายจะต้องร่วมกันแก้ไข

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาผลการทดสอบจากโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติในปี พ.ศ.2550 (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS 2007) ซึ่งเป็นโครงการของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (The International Association for the Evaluation of Education Achievement) มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการ 59 ประเทศ และรัฐที่ใช้เปรียบเทียบ 7 รัฐ สำหรับประเทศไทยได้ร่วมประเมินกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีขอบเขตของการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (Content Domain) ประกอบด้วย 4 กลุ่มวิชา คือ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ความรู้และความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการบูรณาการความรู้และการให้เหตุผล (Reasoning) พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนมาตรฐาน 500 คะแนน ทุกด้าน โดยมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้และความเข้าใจ 473 คะแนน การประยุกต์ใช้ความรู้ 472 คะแนน และการบูรณาการความรู้และการให้เหตุผล 482 คะแนน และเมื่อพิจารณาในรายละเอียดขององค์ประกอบย่อยของแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับด้านความรู้ความเข้าใจ การแปลความหมายข้อมูลเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการประยุกต์ใช้ความรู้ และการลงข้อสรุปเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการบูรณาการความรู้และการให้เหตุผล (ปรีชาญ เดชศรี และปริชาติ เบ็ญจวรรณ์, 2552)

ผลของการประเมินข้างต้น แสดงถึงสภาพการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ทุกหน่วยงานต้องร่วมกันแก้ไข โดยแนวทางหนึ่งในการแก้ไข คือ การพัฒนาความรู้ ความเข้าใจแนวคิดหลักในวิชาวิทยาศาสตร์ให้ลึกซึ้ง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยมโนทัศน์พื้นฐาน การพัฒนาทักษะการสืบสอบ ทักษะการแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงมโนทัศน์ และทักษะเหล่านั้นสู่โลกภายนอกห้องเรียน (Queen's Printer for Ontario, 2008: 6) นอกจากมโนทัศน์จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แล้ว มโนทัศน์ยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตในสังคม เนื่องจากพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นด้านความคิด การสื่อความหมายระหว่างกัน การแก้ปัญหา

การตัดสินใจล้วนแล้วแต่ต้องผ่านเครื่องกรองที่เป็นมโนทัศน์มาก่อนทั้งสิ้น (Ausubel, 1968: 505) แต่การเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้หมายถึงเฉพาะความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่หมายรวมถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน

การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนามโนทัศน์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Yager and Akcay, 2010: 5) โดยมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards; NRC 1996, p214) ให้คำจำกัดความของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ว่า คือ ชุดของกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กันที่ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และนักเรียนตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ และค้นหาคำตอบของปรากฏการณ์ต่างๆ โดยการลงมือปฏิบัติ นักเรียนจะได้รับความรู้และพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ หลักการ แบบจำลอง และทฤษฎีมากขึ้น ดังนั้นจึงสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ คือ การสอนที่ให้นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษาซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนสนใจด้วยตนเอง จากนั้นจึงลงมือค้นหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ และเป็นผู้สนับสนุนในการเรียน และเป็นที่ยอมรับว่ารูปแบบการสอนที่พัฒนาโดยมีทฤษฎีของนักพิพัฒนาการนิยม (Progressivism) เป็นพื้นฐานสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกคนได้ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เผยแพร่ในปัจจุบัน คือ วงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัส รูปแบบการสอนแบบ 5E และ แบบ 7E โดยเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่มี 3 ขั้นตอน 5 ขั้นตอน และ 7 ขั้นตอน ตามลำดับ ซึ่งมาร์แชลและคณะได้ศึกษารูปแบบการสอนดังกล่าวข้างต้น พบว่า ไม่มีรูปแบบการสอนใดที่ให้ความสำคัญกับการประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดระหว่างการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ควรมีในทุกขั้นตอน เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนจะทำให้ทราบว่านักเรียนมี มโนทัศน์อย่างไร เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ และจะได้ปรับแก้ให้ถูกต้อง ส่วนการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดระหว่างเรียนจะทำให้นักเรียนมุ่งความสนใจในเรื่องที่เรียน ทำให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์อย่างลึกซึ้ง และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Marshall, Horton and Smart, 2009)

ดังนั้น มาร์แชลและคณะจึงได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่สอดแทรกการประเมินผล (formative assessment) และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

(metacognitive reflection) ในทุกขั้นตอน และเรียกชื่อรูปแบบการสอนนี้ว่า 4EX2 ซึ่งมีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ มีจุดประสงค์เพื่อ ตรวจสอบความรู้เดิม หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สร้างความสนใจในเรื่องที่จะเรียน และพัฒนาคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา มีจุดประสงค์เพื่อ ออกแบบวิธีการหาคำตอบของคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้น และดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ 3) ขั้นลงข้อสรุปและอธิบาย มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถนำข้อมูล ข้อสนเทศมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ 4) ขั้นขยายความคิด มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และเรื่องต่างๆ อีกทั้งเป็นพื้นฐานไปสู่การศึกษาเรื่องใหม่ โดยการประเมินผลระหว่างเรียน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดที่สอดแทรกอยู่ในแต่ละขั้นอาจใช้แบบประเมินผล การอภิปรายร่วมกัน แผนภาพ KWHL เป็นต้น

ดังนั้นจากสภาพปัญหาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้านผู้เรียน รวมทั้งแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบ 4EX2 ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่สอดแทรกการประเมินผล และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดอยู่ทุกขั้นตอน มาใช้ในการพัฒนามโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถามการวิจัย

นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป นักเรียนกลุ่มทดลองจะมีมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานของการวิจัย

รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วน คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การประเมินและการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดระหว่างเรียน จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบสามารถพัฒนามโนทัศน์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ (TURGUT and GÜRBÜZ, 2011; เสาวลักษณ์ เหลืองดี 2552; รุจาภา ประถมวงษ์; 2551) และจากงานวิจัยของ Aydeniz และ Pabuccu (2011) ที่ศึกษาผลที่เกิดจากยุทธวิธีการประเมินระหว่างเรียนที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นปีที่ 1 โดยยุทธวิธีการประเมินระหว่างเรียนที่ใช้ เช่น การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดบนแบบทดสอบ และการนั่งประชุมกลุ่มแก้ปัญหา ซึ่งถูกใช้ตลอดหลักสูตร ผลการวิจัยพบว่า ยุทธวิธีการประเมินระหว่างเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งดำเนิน ยาท้วม (2548) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดและความตระหนักรู้อภิปัญญา ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดและความตระหนักรู้อภิปัญญา มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถใน

การประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ตามลำดับ

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการประเมินและการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดระหว่างเรียนจึงน่าจะสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐาน 4 ข้อ ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความ หมายข้อมูลและลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความ หมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม

2.2.1 มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

2.2.2 ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2.3 ตัวแปรควบคุม

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือ เรื่องแสงและการมองเห็น

2.3.2 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

ความแตกต่างของช่วงเวลาที่ดำเนินการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ไม่มีผลต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2** หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่พัฒนาโดย มาแชลและคณะ (Marshall et al, 2009) มี 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) คือ การจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม สร้างความสนใจ และกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษา โดยมีการประเมินผล และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในระหว่างเรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) คือ การจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการหาคำตอบของคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษา และดำเนินการหาคำตอบตามวิธีที่ออกแบบ โดยมีการประเมินผล และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในระหว่างเรียน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) คือ การจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียน ทำการวิเคราะห์ผล แปลผล สรุปผล แล้วนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ โดยมีการประเมินผล และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในระหว่างเรียน

4) ขั้นขยายความคิด (Extend) คือ การจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ขยายความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ โดยมีการประเมินผล และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในระหว่างเรียน

2. **รูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไป** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสอนแบบสืบสอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน คือ การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน และเกิดปัญหา ด้วยการสนทนา การตั้งคำถาม หรือการใช้สื่อประกอบ

2) ขั้นกิจกรรม คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้ และคำตอบด้วยตนเอง

3) ขั้นสรุป คือ การที่นักเรียนสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยมีครูคอยชี้แนะและดูแล

3. **มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น** หมายถึง ความคิดหลัก ในเรื่องแสงและการมองเห็น สามารถวัดได้โดยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอิงแนวคิดของ Eryilmaz และ Sürmeli (cited in Kutluay, 2005: 18) ประกอบด้วย 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องแสงและการมองเห็น มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลของคำถามในส่วนที่ 1 มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเช่นกัน ส่วนที่ 3 เป็นข้อคำถามถามความมั่นใจในการตอบ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก

4. **ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป** หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับทักษะขั้นพื้นฐาน และอาศัยทักษะขั้นพื้นฐานเป็นฐาน สามารถวัดได้โดยแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้แนวการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเอนเกอร์ และยาเกอร์ (Enger and Yager, 2001: 94) ทักษะนี้ประกอบด้วย 2 ทักษะอยู่รวมกัน คือ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและทักษะการลงข้อสรุป

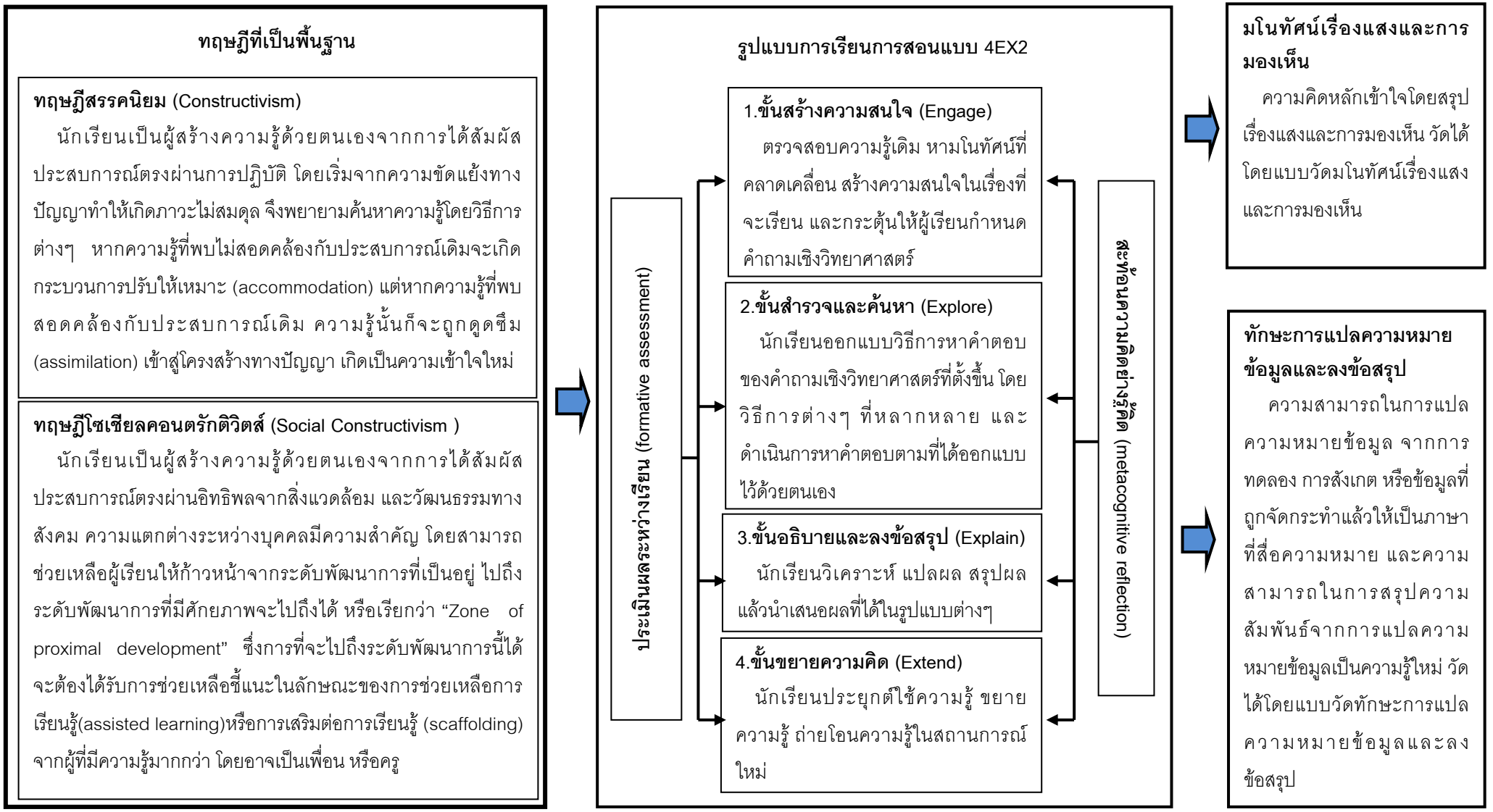
1) ทักษะการแปลความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายข้อมูล จากการทดลอง จากการสังเกต หรือข้อมูลที่ถูกจัดกระทำแล้วที่อยู่ในรูปของ กราฟ ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ภาษาสัญลักษณ์ ให้เป็นภาษาที่เข้าใจตรงกัน

2) ทักษะการลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์จากการแปลความหมายข้อมูลเป็นความรู้ใหม่ หรือเป็นข้อความอันเป็นคำตอบของปัญหา

5. **นักเรียน** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

รูปแบบการเรียนการสอนแบบ 4EX2 มีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมเชิงสังคม (Social Constructivism) โดยทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น สามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ ซึ่งสามารถสรุปทฤษฎีที่เป็นพื้นฐาน ลักษณะของรูปแบบการสอน 4EX2 และผลที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอยด้วยรูปแบบการสอน 4EX2 เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบสอบกับการเรียนวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. การเรียนรู้แบบสืบสอบกับการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 1.1 ความเป็นมาและแนวคิดของการเรียนรู้แบบสืบสอบ
    - 1.2 วงจรการเรียนรู้แบบสืบสอบ
    - 1.3 รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 4EX2
    - 1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 ความสำคัญของมโนทัศน์กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    - 2.2 ความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
    - 3.1 ความสำคัญของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
    - 3.2 ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
    - 3.3 แนวทางการวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การเรียนรู้แบบสืบสอบกับการเรียนวิทยาศาสตร์

1.1 ความเป็นมาและแนวคิดของการเรียนรู้แบบสืบสอบ

รูปแบบการสอนแบบสืบสอบ มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของนักพิพัฒนาการนิยม (Progressivism) โดยทฤษฎีพื้นฐานที่ได้รับความนิยม คือ สรรคนิยมตามแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget's constructivism) และทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคมตามแนวคิดของวีก็อทสกี้ (Vygotsky's constructivism) (Marshall. et al, 2009) มีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีสรรคนิยมตามแนวคิดของเพียเจต์

ศรินธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 32) กล่าวว่า ทฤษฎีสรรคนิยมมีความเชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยทฤษฎีนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่อธิบายการเรียนรู้ว่า ผู้เรียนแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา หรือที่เรียกว่า "Schema" โครงสร้างทางปัญญานี้ประกอบด้วยความหมายหรือความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น ผู้เรียนสร้างความหมายโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาของตน ความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่สามารถถ่ายทอดจากครูไปสู่ผู้เรียนได้ แต่จะถูกสร้างขึ้นในสมองของผู้เรียนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของผู้เรียนกับโลกภายนอก โครงสร้างทางปัญญาเป็นผลของความพยายามทางความคิด (mental effort) หากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนคงเดิม และมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่ถ้าการคาดคะเนไม่ถูกต้อง ผู้เรียนจะประหลาดใจ สงสัย และคับข้องใจ หรือที่เพียเจต์กล่าวว่าเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) ขึ้น เมื่อเกิดความขัดแย้งขึ้น ผู้เรียนจะมีทางเลือก 3 ทาง คือ

- ยึดติดกับความคิดเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของตน ปฏิเสธข้อมูลจากประสาทสัมผัสหรือหาเหตุผลที่จะหักล้างข้อมูลจากประสาทสัมผัสออกไป ทำให้การยกเลิกหรือปรับเปลี่ยน "schema" ของแต่ละบุคคลมักเกิดขึ้นได้ยาก
- ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญา โดยการพยายามที่จะเชื่อมโยงความคิดหรือประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ลักษณะนี้จะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายขึ้น
- ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ

การเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกและโลกภายในของผู้เรียนเกิดขึ้นผ่านประสาทสัมผัสและกลไกทางประสาท สรีรวิทยา ชีวเคมี การรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสไปสู่โครงสร้างทางปัญญาเรียกว่า กระบวนการดูดซึม (assimilation) ความขัดแย้งทางปัญญาทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) และภาวะไม่สมดุลจะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเรียกว่า กระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) กระบวนการปรับ “schema” จะช่วยให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายต่อตนเอง การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเป็นเรื่องเฉพาะตน ที่แต่ละคนจะต้องจัดกระทำเอง แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ทำให้ผู้เรียนต้องมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับประสบการณ์มากขึ้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548:16) กล่าวว่า แนวคิดสรรคนิยม (constructivism) เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมแล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ แนวคิดสรรคนิยมคือทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำของตนเอง ซึ่งมีแนวคิดว่าผู้เรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่สามารถแก้หรืออธิบายได้ด้วยโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) จากนั้นแรงจูงใจจะช่วยทำให้ผู้เรียนพยายามค้นหา ค้นคิด จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา (cognitive restructure) ที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหา หรือขจัดความขัดแย้งทางปัญญาได้ ความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเองโดยที่ผู้สอนไม่ได้เป็นผู้สร้างให้

กล่าวโดยสรุป แนวคิดสรรคนิยม คือ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในฐานะเป็นผู้สร้างความรู้ โดยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ติดตัวมาก่อนเข้าด้วยกัน

ทัชทาชาร์ยา และฮาน (Bhattacharya and Han, 2009) กล่าวโดยสรุปว่า ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ประกอบด้วยมโนทัศน์หลัก 3 ประการ ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนา ได้แก่ กระบวนการดูดซึม กระบวนการปรับให้เหมาะ

และสภาวะสมดุล (equilibration) มโนทัศน์ทั้ง 3 นี้มีความสัมพันธ์กับการสร้างโครงสร้างทางปัญญา และการสร้างความเข้าในโลกภายนอก

จากคำกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีสรรคนิยมตามแนวคิดของเพียเจต์ เกิดขึ้นเมื่อเกิดภาวะไม่สมดุล คือ มีความรู้ หรือเหตุการณ์ใหม่ที่ไม่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาเดิม ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยธรรมชาติระบบจะปรับตัวสู่ภาวะสมดุล โดยกระบวนการดูดซึม และกระบวนการปรับให้เหมาะ ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ที่อธิบายธรรมชาติ และโลกภายนอกได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งโครงสร้างทางปัญญาใหม่นี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีความรู้ หรือเหตุการณ์ใหม่มาทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล

ทฤษฎีสรรคนิยมโซเชียสคอนตรักส์ติวิตว์ตามแนวคิดของวีก็อทสกี้

ศรินธร วิทยะสิรินันท์ และคณะ (2544: 33) กล่าวว่า ทฤษฎีโซเชียสคอนตรักส์ติวิตส์ตามแนวคิดของวีก็อทสกี้ อธิบายว่า มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้ว ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคม ซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมได้สร้างขึ้น ดังนั้นสถาบันทางสังคมต่างๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัว จึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเรียนรู้และพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคล รวมทั้งภาษาซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด พัฒนาการทางภาษาและพัฒนาการทางการคิดของเด็กจะเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้น พัฒนาการทั้ง 2 ด้านจะพัฒนาร่วมกันไป

การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ ความแตกต่างระหว่างบุคคลมีความสำคัญ เนื่องจากสามารถช่วยเหลือผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ ความแตกต่างระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่กับระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้เรียกว่า “Zone of proximal development (ZPD)” ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) จากเพื่อน ครู หรือผู้ที่มีความรู้มากกว่า “More Knowledgeable Other (MKO)”

จากคำกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้ทฤษฎีสรรคนิยมตามแนวคิดของวีก็อทสกี้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กล่าวคือ ในสังคมมีบุคคลที่มีความสามารถแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีระดับความสามารถเฉพาะตัวของตนเองในการที่จะพัฒนาความสามารถ

ของตนไปสู่ระดับที่สูงขึ้นใน ZPD จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนในรูปของการช่วยเหลือการเรียนรู้และการเสริมต่อการเรียนรู้ จากเพื่อน ครู หรือผู้ที่มีความรู้มากกว่า นอกจากนี้ สิ่งแวดล้อมทางสังคม เช่น ภาษา และวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาเช่นเดียวกัน

1.2 วงจรการเรียนรู้แบบสืบสอบ

รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่พบในปัจจุบัน คือ วงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ของ Atkin และ Karplus รูปแบบการสอนแบบ 5E (5E Instructional Model) ของ BSCS และ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E (7E Learning Cycle) ของ Eisenkraft ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละวงจรการเรียนรู้ ดังนี้

วงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัส

คาร์พลัส (Karplus, 1976; cited in Lawson, 1995: 134-139) ได้นำเสนอวงจรการเรียนรู้ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
2. ขั้นประดิษฐ์ (Invention)
3. ขั้นค้นพบ (Discovery)

วงจรการเรียนรู้ที่คาร์พลัสนำเสนอนั้นมีครูจำนวนมากไม่เข้าใจ 2 ขั้นตอนหลังคือ ขั้นประดิษฐ์ และขั้นค้นพบ ดังนั้น Barman และ Kotar (1989) ได้ปรับปรุงเป็นขั้นสำรวจ ขั้นแนะนำมโนทัศน์ และขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ ต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ดัดแปลงขั้นแนะนำมโนทัศน์เป็นขั้นแนะนำคำสำคัญ ด้วยเหตุผลที่ว่า ครูสามารถแนะนำหรืออธิบายคำสำคัญ หรือนิยามศัพท์เฉพาะให้กับผู้เรียนแต่มิใช่แนะนำมโนทัศน์ให้กับผู้เรียน เพราะผู้เรียนต้องเป็นผู้ค้นพบมโนทัศน์ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามมีผู้ปรับเปลี่ยนชื่อของขั้นตอนที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่น Carin (1993) ปรับเป็นขั้นสร้างมโนทัศน์ ส่วน Abruscato (1996) ปรับเป็นขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Lawson, 1995: 134-139)

วงจรการเรียนรู้ที่กล่าวมาทั้ง 3 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่ 2 เท่านั้นที่มีชื่อแตกต่างกัน แต่คำอธิบายใกล้เคียงกัน แต่ละขั้นตอนมีสาระสำคัญ ดังนี้ (Lawson, 1995: 134-139)

1. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต ตั้งคำถามและคิดวิเคราะห์ สำรวจหรือทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล จดบันทึก โดยอาจปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก คือ สังเกต ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นและชี้แนะการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง

2. ขั้นแนะนำคำสำคัญ/ขั้นสร้างมโนทัศน์/ขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (term introduction/concept formation/concept acquisition phase) เป็นขั้นที่ครูและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อค้นหามโนทัศน์จากข้อมูลและการสังเกตในขั้นสำรวจ ครูมีบทบาทสูงโดยตั้งคำถามกระตุ้นและชี้แนะให้ผู้เรียนคิดเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ปฏิบัติในขั้นสำรวจ แนะนำและอธิบายคำศัพท์ที่สำคัญของมโนทัศน์นั้นๆ เพื่อให้ผู้เรียนจัดเรียบเรียงความคิดใหม่

3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (concept application phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนนำมโนทัศน์ที่ค้นพบหรือเกิดการเรียนรู้แล้วมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ อันจะทำให้ผู้เรียนขยายความเข้าใจมโนทัศน์นั้นๆ มากยิ่งขึ้น

รูปแบบการสอนแบบ 5E

ไบบี และคณะ (1990, cited in Lawson, 1995: 164-165) และนักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study: BSCS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบ 5E ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นตอนสร้างความสนใจ ให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา เชื่อมโยงความรู้เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยนำไปสู่เรื่องที่จะศึกษา โดยใช้สื่อ เหตุการณ์ หรือคำถามในการกระตุ้นผู้เรียน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบสืบค้นและรวบรวมข้อมูล โดยการวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เช่น การสังเกต วัด ทดลอง และรวบรวมข้อมูล โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ส่งเสริมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด สังเกต โดยครูไม่ควรอธิบายหรือบอกคำตอบให้ผู้เรียน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหามาทำการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ เป็นต้น จากนั้นทำการสรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง โดยครูกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบาย การให้นิยาม กระตุ้นให้ผู้เรียนรับฟังความคิดเห็นและประเมินความคิดเห็นของเพื่อนคนอื่นๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นตอนในการประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบายและทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยครูและผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการประเมิน

วงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัส (Atkin and Karplus, 1960)		**รูปแบบการสอนแบบ 5E ของ BSCS** (5E Instruction Model, 1980)
		ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)
ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	→	ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)
ขั้นดิษฐ์/ขั้นแนะนำคำสำคัญ (Invention/Term Introduction)	→	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)
ขั้นค้นพบ/ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Discovery/Concept Application)	→	ขั้นขยายความรู้ (elaboration)
		ขั้นประเมินผล (evaluation)

ภาพที่ 2.1 พัฒนาการรูปแบบการสอนจากวงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัสเป็นรูปแบบการสอนแบบ 5E ของ BSCS

แหล่งที่มา: Bybee. R., et al., 2006. The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. page 13.

จากภาพที่ 2.1 สามารถอธิบายว่าวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ปรับปรุงมาจากวงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัส โดยเพิ่มขั้นใหม่ 2 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ และขั้นประเมินผล ส่วนขั้นสำรวจและค้นหายังคงชื่อขั้นไว้เช่นเดิมแต่ได้ทำการปรับปรุงรายระเอียดภายในให้ชัดเจนขึ้น และได้เปลี่ยนชื่อจากขั้นประดิษฐ์เป็นขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และจากขั้นค้นพบเป็นขั้นขยายความรู้เพื่อให้ชื่อขั้นสื่อความหมายมากขึ้น ส่วนรายละเอียดภายในขั้นก็ได้ทำการปรับปรุงให้ชัดเจนขึ้นเช่นกัน (Bybee et al., 2006: 8)

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E

ไอนเซนคราฟต์ (Eisenkraft, 2003: 57-59) ได้ปรับปรุงรูปแบบของ BSCS จาก 5 ขั้นตอนเป็น 7 ขั้นตอน ไอน์เซนคราฟต์ ให้เหตุผลว่า ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบการสอนแบบ 5E เป็นขั้นตอนที่ยังไม่ต่อเนื่อง จึงเพิ่มขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้อีกสองขั้นตอน คือ ขั้นทบทวนความรู้เดิม (elicit) และขั้นขยายความคิดรวบยอด (extend) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (elicit) มีจุดประสงค์สำรวจตรวจสอบความรู้เดิม หรือทบทวนความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ โดยครูเป็นผู้จัดกิจกรรม

2. ขั้นสร้างความสนใจ (engage) มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้น ยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กิจกรรมในขั้นนี้อาจเป็นการทดลอง การสาธิต การนำเสนอข้อมูล ข่าว หรือสถานการณ์ เหตุการณ์ ฯลฯ ซึ่งก่อให้เกิดความคิดขัดแย้งกับสิ่งที่ผู้เรียนเคยรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ซึ่งนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

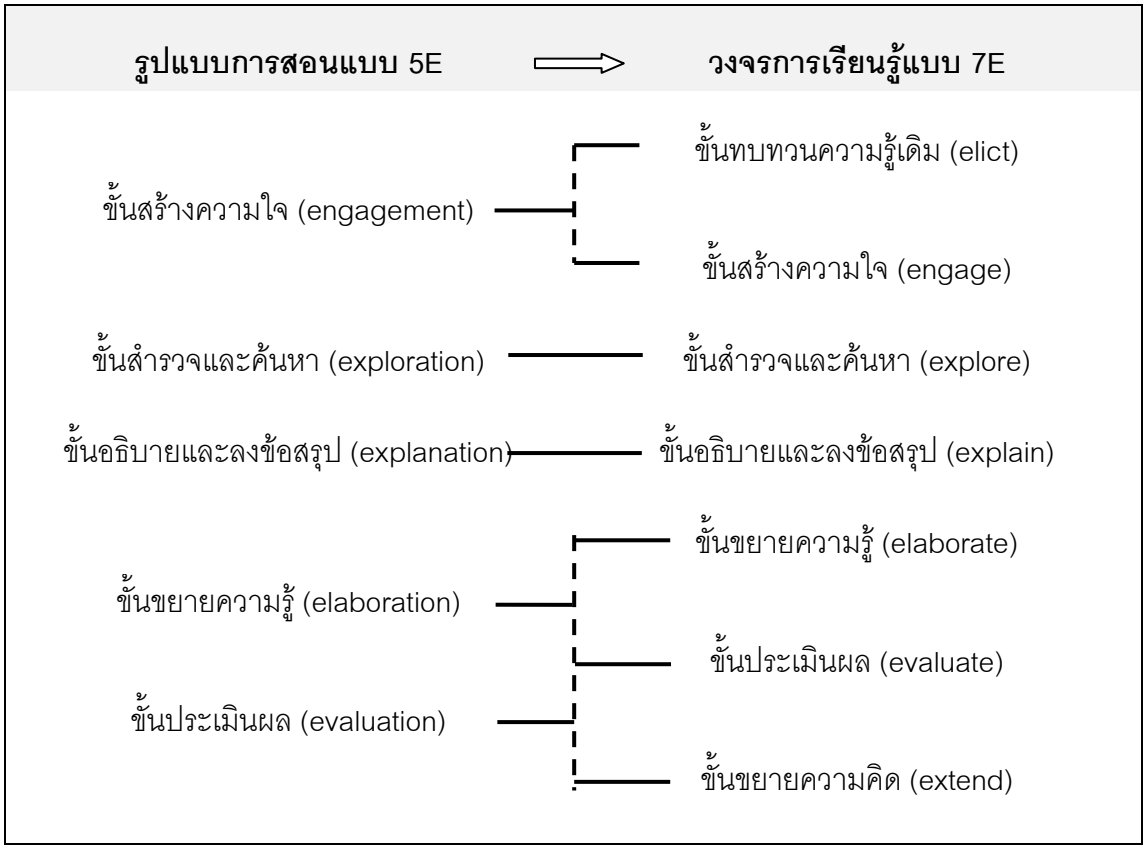
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (explore) มีจุดประสงค์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบปัญหา และให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบ สืบค้นและรวบรวมข้อมูล โดยการวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เช่น การสังเกต วัด ทดลอง และรวบรวมข้อมูล

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explain) มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ ฯลฯ ให้เห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง โดยครูมีหน้าที่จัดกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายความคิดด้วยตัวของผู้เรียนเอง ให้ผู้เรียนแสดงหลักฐาน เหตุผลประกอบการอธิบาย

5. ขั้นขยายความรู้ (elaborate) ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบายและทักษะที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์ใหม่ กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในการตอบคำถาม เสนอแนวทางแก้ปัญหา ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา และออกแบบการทดลอง

6. ขั้นประเมินผล (evaluate) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งมีทั้งการประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนและการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนที่ผู้เรียนจะขยายความคิดและค้นพบปัญหาใหม่ โดยครูและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

7. ขั้นขยายความคิด (extend) ครูส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความคิดหรือหัวข้อที่ผู้เรียนได้เรียนแล้วไปสู่ความคิด หรือหัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาใหม่เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้สิ่งใหม่



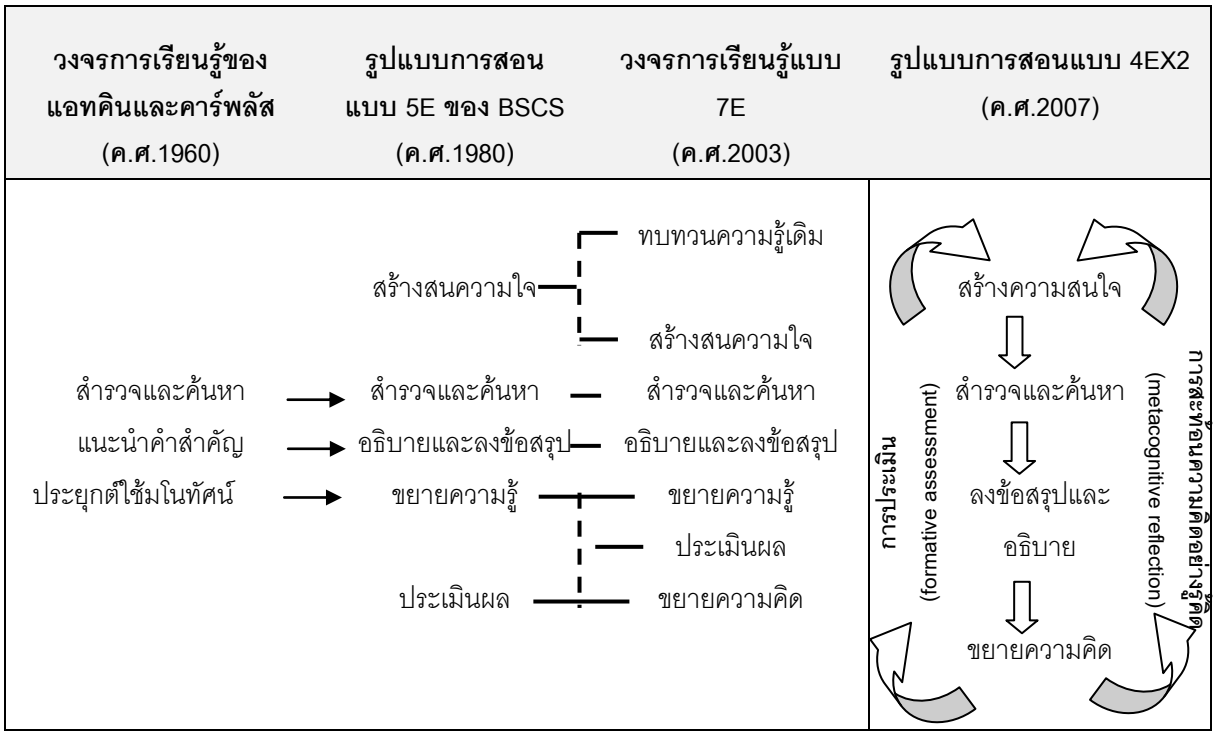
ภาพที่ 2.2 การขยาย รูปแบบการสอนแบบ 5E เป็น วงจรการเรียนรู้แบบ 7E

แหล่งที่มา: Eisenkraft, A. 2003, “Expanding the 5E model.” **The Science Teacher.** page 58.

รูปแบบการเรียนรู้ข้างต้น เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การสืบสอบเป็นฐาน เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยรูปแบบการเรียนรู้ข้างต้นมีลักษณะเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน แต่เมื่อพิจารณาจะพบว่ารูปแบบการเรียนรู้ข้างต้น บางรูปแบบไม่มีขั้นประเมินผล บางรูปแบบมีขั้นประเมินผลอยู่ในขั้นสุดท้าย หรือ ขั้นรองสุดท้าย ดังนั้นเมื่อรูปแบบการเรียนรู้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันจึงเป็นปัญหาว่าเมื่อใดควรจะเปลี่ยนขั้นจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง

1.3 รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 4EX2

มาร์แชล ฮอท์ตัน และสมาร์ท (2009) ได้ปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยเพิ่มการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด (metacognitive reflection) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนไว้ในทุกขั้น โดยเรียกรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับรูปแบบการเรียนรู้อื่นๆ ได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เปรียบเทียบวงจรการเรียนรู้ รูปแบบการสอนและรูปแบบการสอนแบบ 4EX2

แหล่งที่มา: Marshall, et al. 2009. 4EX2 Instruction Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. **Journal of Science Teacher Education.**

จากภาพที่ 2.3 แสดงถึงพัฒนาการของรูปแบบการสอน เริ่มจากวงจรการเรียนรู้ของแอทคินและคาร์พลัสในปี ค.ศ.1960 วงจรการเรียนรู้ของคาร์พลัสประกอบด้วย 3 ขั้น คือ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นประดิษฐ์ และขั้นค้นพบ จนกระทั่งปี ค.ศ.1980 BSCS ได้ปรับปรุงวงจรการเรียนรู้ของคาร์พลัส โดยเพิ่มขั้นใหม่เข้าไป 2 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ และขั้นประเมินผล และได้ปรับชื่อขั้นจากขั้นประดิษฐ์ เป็นขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และจากขั้นค้นพบ เป็นขั้นขยายความรู้ แต่ยังคงมีคำอธิบายคล้ายเดิม ต่อมาในปี ค.ศ.2003 ไอน์เซนคราฟต์ได้ปรับปรุงวงจรการเรียนรู้แบบการสอนแบบ 5E ของ BSCS จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยได้เพิ่มขั้นทบทวนความรู้เดิม และขั้นขยายความคิดเพื่อความต่อเนื่องของวงจรการเรียนรู้ จนกระทั่งในปี ค.ศ.2007 มาร์แชลและคณะได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ขึ้น รูปแบบการสอนนี้มี 4 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และขั้นขยายความคิด จุดเด่นของรูปแบบการสอนแบบ 4EX2 คือให้ความสำคัญการประเมินระหว่างการเรียนรู้ และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด ซึ่งจะต้องปฏิบัติในทุกขั้นตอน

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

รูปแบบการสอนแบบ 4EX2 ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น โดยรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน มีดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

ขั้นสร้างความสนใจ มีจุดประสงค์เพื่อ ตรวจสอบความรู้เดิม หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สร้างความสนใจ และกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษาโดยครูอาจใช้คำถามต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

- ผู้เรียนรู้อะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง
- ผู้เรียนเคยเห็นอะไรเช่นนี้บ้าง
- ความรู้อะไรบ้างที่สามารถประยุกต์ใช้กับเรื่องนี้
- ผู้เรียนเคยได้ยินอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง ซึ่งผู้เรียนไม่แน่ใจว่าถูกหรือผิด
- ผู้เรียนสนใจอะไรในเรื่องนี้บ้าง
- ผู้เรียนมีความสับสนอะไรในเรื่องนี้บ้าง
- ผู้เรียนมีคำถามอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง
- อะไรบ้างที่ผู้เรียนต้องการสืบค้นเกี่ยวกับเรื่องนี้

นอกจากนี้ ครูต้องประเมินการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากคำตอบ หรือการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดของผู้เรียน เพื่อใช้พิจารณาว่า ควรดำเนินการจัดการเรียนการสอนในขั้นต่อไป หรือควรจัดกิจกรรมทบทวนความรู้สั้นๆ ก่อนการดำเนินการสอนในขั้นต่อไป

ผู้เรียนมีหน้าที่สะท้อนความคิด โดยการตอบคำถาม และแสดงความรู้ความสามารถต่างๆ ที่มีอยู่ รวมถึงแสดงความสนใจต่อกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัดขึ้น และเป็นผู้กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษา

การประเมิน

การประเมินของขั้นสร้างความสนใจอาจใช้ แบบทดสอบก่อนเรียน แผนภาพ KWHL (K&W) รูปแบบ POE (Predict) เครื่องมือตรวจสอบ (formative probes) การสร้างเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน (discrepant) แบบฝึกหัดเตรียมความพร้อม การระดมสมอง สมุดบันทึกวิชาวิทยาศาสตร์ และการวาดภาพ

การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

ผู้เรียนเป็นผู้สะท้อนความคิด โดยการตอบคำถาม ครูเป็นผู้ประเมินความคิดของผู้เรียน โดยพิจารณาเกี่ยวกับ ความรู้เดิมของผู้เรียนมีอะไรบ้าง ความพร้อมที่จะเรียน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคืออะไร และจะสามารถปรับปรุง แก้ไขได้อย่างไร ผู้เรียนสนใจหรือชอบอะไร และจะสามารถบูรณาการข้อค้นพบนี้กับการสอนอย่างไร ผู้เรียนมีบทบาทอย่างไรในการสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือกำหนดประเด็นที่จะศึกษา และจะทำอย่างไรให้คำถาม หรือประเด็นที่จะศึกษานี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)

ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษา ประกอบด้วย การทำนาย การออกแบบ การทดสอบ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการให้เหตุผล

ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังการอภิปรายของผู้เรียน ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจ และค้นหา ให้เวลาผู้เรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ และคอยให้คำปรึกษา ในขั้นนี้ครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้ ในการชี้แนะแนวทางให้แก่ผู้เรียน

- ถ้าทำอย่างนี้จะเกิดอะไรขึ้น
- ผู้เรียนคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น เพราะเหตุใด
- วิธีการที่ดีที่สุดในการศึกษาปัญหานี้เป็นอย่างไร
- อะไรที่ผู้เรียนจำเป็นจะต้องเก็บรวบรวม
- ผู้เรียนมีวิธีการจัดกระทำข้อสนเทศอย่างไร
- มีข้อมูล หรือข้อสนเทศจำนวนเท่าใด ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเก็บรวบรวม
- ผู้เรียนสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง

ผู้เรียนมีหน้าที่สร้างคาดคะเนคำตอบหรือตั้งสมมติฐาน ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ ดำเนินการสำรวจตรวจสอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หรือประเด็นที่จะศึกษา อาจใช้วิธีการสืบค้นและเก็บรวบรวมข้อมูล หรือ วิธีการทดลอง โดยมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และอภิปรายร่วมกัน

การประเมิน

การประเมินในขั้นนี้ อาจใช้ การสังเกต การถามตอบในชั้นเรียน (Teacher Prompt) แผนภาพ KWHL (H) รูปแบบ POE (Observe) การบันทึกหรือการเก็บรวบรวมข้อมูล กราฟ และสมุดบันทึกวิชาวิทยาศาสตร์

การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

ผู้เรียนเป็นผู้สะท้อนความคิด โดยการตอบคำถาม ครูเป็นผู้ประเมินความคิดของผู้เรียน โดยพิจารณาเกี่ยวกับ ความสามารถในการคาดคะเนของผู้เรียนเป็นอย่างไร คุณภาพของการออกแบบเพื่อการสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่จะศึกษามีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์หรือไม่ การตั้งสมมติฐานก่อนการทดสอบมีความสอดคล้องกับปัญหาหรือเนื้อหาที่จะเรียนหรือไม่ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างมีความหมายหรือไม่ และมีการจัดการกับข้อมูลอย่างไร เลือกวิธีการในการแก้ปัญหาหรือคำถามเหมาะสมหรือไม่ และการเลือกนั้นแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับอะไร

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล และสรุปผล สามารถหาหลักฐานสนับสนุนคำอธิบาย และข้อสรุป นำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ อย่างเหมาะสม เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วาดรูป หรือสร้างตาราง เป็นต้น และสามารถอธิบายข้อค้นพบได้อย่างหลากหลาย การค้นพบในขั้นนี้อาจ

เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ไม่ว่าผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้

ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์ หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และเหตุผลประกอบการอธิบาย โดยอาจใช้คำถามต่อไปนี้ ในการชี้แนะแนวทางให้แก่ผู้เรียน

- เกิดอะไรขึ้น
- ผู้เรียนสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง
- แผนภาพอะไรที่จะช่วยในการอธิบายสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบ จงอธิบาย
- อะไรที่ผู้เรียนยังสงสัย และมีปัญหา
- สิ่งที่ผู้เรียนค้นพบเหมือน หรือต่างจากสมมติฐานที่ตั้งไว้อย่างไร
- ผู้เรียนสังเกตเห็นรูปแบบอะไร
- ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้สิ่งที่ค้นพบกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้อย่างไร
- จงอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้น
- สิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้คืออะไร
- มีหลักฐานอะไรที่สนับสนุนคำอธิบายของผู้เรียน
- ผู้เรียนจะอธิบายสิ่งที่ได้ค้นพบอย่างไร
- ข้อมูลที่แสดงมีแนวโน้มว่าจะแสดงอะไร
- ผู้เรียนมีความคิดเห็นที่แตกต่างจากข้อสรุปของเพื่อนอย่างไร
- ข้อสรุปของผู้เรียนมีความหมายว่าอย่างไร
- ผู้เรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปของเพื่อนหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ผู้เรียนจะสามารถพบปรากฏการณ์ที่คล้ายกันนี้ได้ที่ใด
- ผู้เรียนคิดอะไร ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น

ผู้เรียนมีหน้าที่วิเคราะห์ และจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหาในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง หรือ กราฟ สรุปผลและอภิปรายผลร่วมกัน

การประเมิน

การประเมินในขั้นนี้ ประกอบด้วย การอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง การอภิปรายกลุ่มย่อย รายงานผลการทดลอง การนำเสนอปากเปล่า การนำเสนอครู แผนภาพ KWHL (L) รูปแบบ POE (Explain)

การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

ผู้เรียนเป็นผู้สะท้อนความคิด โดยการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ครูเป็นผู้ประเมินความคิดของผู้เรียนโดยพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพและความถูกต้องของการแปลผล ความน่าเชื่อถือของหลักฐานที่ใช้อ้างอิง ประสิทธิภาพของการสื่อสารความรู้ ความสามารถในการใช้คำอธิบายหลายๆ อย่าง ความสามารถในการตรวจสอบ กระบวนการ หรือผลลัพธ์ ความสามารถในการวิเคราะห์คุณภาพของคำอธิบาย

4. **ขั้นขยายความคิด** (Extend)

ขั้นขยายความคิด มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ขยายความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่

ครูมีหน้าที่สร้างสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ ขยายความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และเชื่อมโยงความรู้ที่สร้างขึ้นจากขั้นอธิบายและลงข้อสรุปในสถานการณ์ใหม่ โดยอาจใช้คำถามต่อไปนี้ ในการชี้นำผู้เรียน

- อะไรจะเกิดขึ้น ถ้า
- ผู้เรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้อย่างไร
- จงอธิบายจากมุมมองอื่น
- ผู้เรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างไร
- คำถาม หรือปัญหาอะไรที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข
- ผู้เรียนจะตัดสินใจอย่างไร เพราะเหตุใด และคิดว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

ผู้เรียนมีหน้าที่ นำความรู้ที่สร้างขึ้นจากขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่หรือสถานการณ์อื่นๆ เพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การประเมิน

การประเมินในขั้นนี้ประกอบด้วย การทดลองหรือการสืบสวนสอบสวนครั้งใหม่ (new investigation) การขยายผลความรู้ที่ได้ศึกษา การประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน และสมุดจดวิชาวิทยาศาสตร์

การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

ผู้เรียนเป็นผู้สะท้อนความคิด โดยการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ครูเป็นผู้ประเมินความคิดของผู้เรียนโดยพิจารณาเกี่ยวกับ คุณภาพ และจำนวนของการประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถในการขยายความรู้ หรือ ขยายมโนทัศน์ ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ความคิดใหม่ ความสมบูรณ์และความถูกต้องในการสรุปประสบการณ์

รายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 จุดประสงค์ คำถาม การประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

ขั้นตอน	จุดประสงค์	คำถาม	การประเมิน	การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ตรวจสอบความรู้เดิม 2. หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3. สร้างความสนใจ 4.กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	1. รู้อะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง 2. เคยเห็นเรื่องนี้มาก่อนหรือไม่ 3. ความรู้อะไรบ้างที่สามารถประยุกต์ใช้กับเรื่องนี้ 4. เคยได้ยินอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง 5. สนใจอะไรในเรื่องนี้บ้าง 6. มีความสับสนอะไรในเรื่องนี้บ้าง 7. มีคำถามอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง 8. อะไรบ้างที่ต้องการสืบค้นเกี่ยวกับเรื่องนี้	1. แบบทดสอบก่อนเรียน 2. แผนภาพ KWHL (K&W) 3. POE Model (Predict) 4. Formative Probe 5. การสร้างเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน 6. การเตรียมตัวก่อนเรียน 7. การระดมสมอง 8. สมุดบันทึกวิชาวิทยาศาสตร์ 9. การวาดภาพ	1. ผู้เรียนมีความรู้เดิมอะไรบ้างที่แสดงถึงความพร้อมที่จะเรียน และสิ่งที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา (schema) 2. หลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และจะสามารถปรับปรุง แก้ไขได้อย่างไร 3. ผู้เรียนสนใจอะไร และจะนำสิ่งที่ผู้เรียนสนใจมาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนอย่างไร 4. บทบาทของผู้เรียนในการสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ทำอย่างไรให้คำถามนั้นดีขึ้น
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)	1. คาดคะเนคำตอบ 2. ออกแบบวิธีการหาคำตอบ 3. ดำเนินการหาคำตอบ 4. รวบรวมข้อมูล 5. พิสูจน์คำตอบ	1. ถ้าทำอย่างนี้จะเกิดอะไรขึ้น 2. คิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น เพราะเหตุใด 3. วิธีการที่ดีที่สุดในการศึกษาปัญหานี้เป็นอย่างไร 4. อะไรที่จำเป็นจะต้องเก็บรวบรวม 5. มีวิธีการจัดกระทำข้อสนเทศอย่างไร 6. มีข้อมูล ข้อสนเทศจำนวนเท่าใดที่จำเป็นต้องเก็บรวบรวม 7. สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง	1. การสังเกต 2. การถามตอบในชั้นเรียน (Teacher Prompt) 3. แผนภาพ KWHL (H) 4. POE Model (Explain) 5. การเก็บรวบรวม สิ่งที่บันทึกไว้/ข้อมูล 6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ 7. สมุดบันทึกวิชาวิทยาศาสตร์	1. ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบ 2. คุณภาพในการออกแบบการศึกษา และความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ 3. ข้อเสนอก่อนตรวจสอบ การตรวจสอบความสอดคล้องกับคำถาม หรือเนื้อหาที่ต้องการสำรวจค้นหา 4. การเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างมีความหมาย และมีวิธีจัดกระทำข้อมูลนั้นอย่างไร 5. การพิสูจน์แนวทางที่ใช้ในการตอบคำถาม หรือแก้ปัญหา ข้อพิสูจน์อะไรที่แสดงถึงความเข้าใจ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) จุดประสงค์ คำถาม การประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

ขั้นตอน	จุดประสงค์	คำถาม	การประเมิน	การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	1. แปลความหมายข้อมูล 2. หาหลักฐานสนับสนุนคำตอบ 3. สื่อสาร หรือสื่อความหมายข้อมูล 4. การสร้างคำอธิบาย 5. การตรวจสอบข้อมูล 6. การตัดสินข้อมูล 7. การวิเคราะห์ข้อมูล	1. เกิดอะไรขึ้น 2. สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง 3. แผนภาพอะไรที่จะช่วยในการอธิบายสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบ จงอธิบาย 4. อะไรที่ยังสงสัย และมีปัญหา 5. สิ่งที่ผู้เรียนค้นพบเหมือน หรือต่างจากสมมติฐานที่ตั้งไว้อย่างไร 6. สังเกตเห็นรูปแบบอะไร 7. สามารถประยุกต์ใช้สิ่งที่ค้นพบกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ได้อย่างไร 8. จงอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้น 9. สิ่งที่ได้เรียนรู้คืออะไร 10. หลักฐานอะไรที่สนับสนุนคำอธิบาย 11. จะอธิบายสิ่งที่ได้ค้นพบอย่างไร 12. แนวโน้มของข้อมูลเป็นอย่างไร 13. มีความคิดเห็นที่แตกต่างจากข้อสรุปของเพื่อนอย่างไร	1. การอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง 2. การอภิปรายกลุ่มย่อย 3. การรายงานผลการทดลอง 4. การนำเสนอปากเปล่า 5. การนำเสนอครู 6. แผนภาพ KWHL (L) 7. POE Model (Explain)	1. คุณภาพและความถูกต้องของการแปลผล 2. ความน่าเชื่อถือของหลักฐานที่ใช้อ้างอิง 3. ประสิทธิภาพของการสื่อสารความรู้ 4. ความสามารถในการใช้คำอธิบายหลายๆ อย่าง 5. ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการ หรือผลลัพธ์ 6. ทักษะในการเลือกกระบวนการ และตัดสินผล 7. ความสามารถในการวิเคราะห์คุณภาพของคำอธิบาย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) จุดประสงค์ คำถาม การประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

ขั้นตอน	จุดประสงค์	คำถาม	การประเมิน	การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) (ต่อ)		14. ข้อสรุปมีความหมายว่าอย่างไร 15. เห็นด้วยกับข้อสรุปของเพื่อนหรือไม่ เพราะเหตุใด 16. สามารถพบปรากฏการณ์ที่คล้ายกันได้ที่ใด 17. คิดอะไร ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น		
4. ขั้นขยายความคิด (Extend)	1. ประยุกต์ใช้ความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่	1. อะไรจะเกิดอะไร ถ้า 2. จะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้อย่างไร 3. จงอธิบายจากมุมมองอื่น 4. จะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างไร 5. คำถาม หรือปัญหาอะไรที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข 6. ผู้เรียนจะตัดสินใจอย่างไร เพราะเหตุใด และคิดว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร	1. การสืบสอบครั้งใหม่ 2. การขยายบนฐานการสืบสอบปัจจุบัน 3. การนำไปใช้ในโลกแห่งความจริง 4. สมุดบันทึกวิชาวิทยาศาสตร์	1. คุณภาพและจำนวนของการประยุกต์ที่สร้างขึ้น 2. กิจกรรมที่จะขยายความคิด หรือมโนทัศน์ 3. ทักษะการถ่ายโยงความรู้ไปสู่ความคิดใหม่ 4. ความสามารถและความถูกต้องในการสร้างประสบการณ์ใหม่

แหล่งที่มา: Marshall, J. C., et al. 2008. 4EX2 Instruction Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. **Journal of Science Teacher Education.** ปรับปรุงจาก 4EX2 Instructional Model-Lesson Plam (www.clemson.edu/iim)

ตารางที่ 2.2 สรุปจุดประสงค์ บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. ตรวจสอบความรู้เดิม 2. หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3. สร้างความสนใจ 4.กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	1. ตรวจสอบ และประเมินความรู้เดิมของผู้เรียน และตัดสินใจว่าจะจัดกิจกรรมทบทวนหรือไม่ 2. จัดกิจกรรมที่สร้างความสนใจ 3. จัดกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ 4. ประเมินคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น 5. เป็นผู้ประเมินและตัดสินใจว่าควรจัดกิจกรรมขั้นต่อไปหรือไม่	1. เป็นผู้สะท้อนความคิด โดยการตอบคำถามต่างๆ แสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีอยู่ 2. ร่วมกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น แสดงความสนใจ 3. เป็นผู้สร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์หรือประเด็นที่จะศึกษา
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)	ค้นหาคำตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการ 1. คาดคะเนคำตอบ 2. ออกแบบวิธีการหาคำตอบ 3. ดำเนินการหาคำตอบ 4. รวบรวมข้อมูล 5. พิสูจน์คำตอบที่คาดคะเน	ช่วยสนับสนุนการหาคำตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยการ 1. ถามคำถามสู่การทำนายคำตอบ 2. ประเมินความเหมาะสมของคำตอบที่ผู้เรียนทำนาย 3. ถามคำถามสู่การออกแบบวิธีการหาคำตอบ 4. ประเมินวิธีการหาคำตอบของผู้เรียน 5. ช่วยชี้แนะ ตอบคำถามเมื่อผู้เรียนสงสัย 6. เป็นผู้ประเมินและตัดสินใจว่าควรจัดกิจกรรมขั้นต่อไปหรือไม่	ดำเนินการสำรวจและค้นหาคำตอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยการ 1. คาดคะเนคำตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้น 2. ออกแบบวิธีการหาคำตอบ 3. ดำเนินการหาคำตอบตามวิธีที่ได้ออกแบบไว้ 4. เก็บรวบรวมข้อมูล และพิสูจน์คำตอบ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) สรุปจุดประสงค์ บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)	1. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผล 2. สร้างคำอธิบาย และข้อสรุปโดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบ 3. สื่อสาร หรือสื่อความหมายข้อมูล 4. การตรวจสอบข้อมูล	1. ถามคำถามนำสู่การวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผล 2. ประเมินการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล และการสรุปผล 3. ประเมินการสื่อสาร หรือสื่อความหมายข้อมูล	1. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผล 2. สร้างคำอธิบาย และข้อสรุป โดยมีหลักฐานประกอบ 3. สื่อสาร หรือสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ
4. ขั้นขยายความคิด (Extend)	1. ประยุกต์ใช้ความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่	1. ถามคำถามนำสู่การประยุกต์ใช้ความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ 2. ประเมินการประยุกต์ใช้ความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน	1. ประยุกต์ใช้ความรู้ ถ่ายโอนความรู้ และสร้างองค์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความสำคัญของมโนทัศน์กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้มโนทัศน์ เป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญประการหนึ่งของการศึกษา (Nitko, 2007: 208) เพราะการสร้างมโนทัศน์มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์ต่างๆ ก่อน และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลายๆ ครั้ง ผู้เรียนก็จะสามารถนำมาสรุปรวมกันเป็นมโนทัศน์ เมื่อผู้เรียนเรียนรู้มากยิ่งขึ้น สะสมมโนทัศน์ไว้มากขึ้น ก็จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่สรุปรวมไว้นั้นไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนขั้นสูง และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้นไป (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525: 31) การเรียนรู้มโนทัศน์จะช่วยพัฒนาบุคคลให้เกิดความรอบรู้เกี่ยวกับกฎเกณฑ์และเนื้อหาวิชาต่างๆ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540: 4) ดังนั้น มโนทัศน์ จึงเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญก่อนที่จะเรียนความรู้ต่างๆ ต่อไปรวมทั้งในวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย

2.2 ความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ มาจากคำว่า concept ในภาษาอังกฤษ มาจากรากศัพท์ภาษาลาตินว่า conceptus หรือ concipere (conceive) มีผู้แปลเป็นภาษาไทยไว้หลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ มโนมติ ซึ่งนักจิตวิทยาการศึกษาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

ลอเวลล์ (Lovell, 1966: 100) กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์เป็นคำที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อแทนลำดับหรือกลุ่มทั้งหมดของวัตถุ เหตุการณ์ หรือคุณภาพ และมโนทัศน์จะช่วยในการคิดของมนุษย์”

คิปเลอร์ และคณะ (Kibler and et., 1972: 169) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ชุดของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างจากวัตถุหรือเหตุการณ์อื่นๆ เช่น เก้าอี้ กลม ความกล้าหาญ วิธีการเรียนการสอน และสติปัญญา เป็นต้น”

กูด (Good, 1973: 124) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. ความเห็น หรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบหรือลักษณะร่วม สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มพวกได้

2. ความคิดทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ

3. ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือมโนภาพ

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537: 55) ให้ความหมายของมโนทัศน์โดยสรุปว่า “มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจทั้งหมดที่มีต่อสิ่งของหรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งของหรือสถานการณ์ใดๆ แล้วสรุปผลการรับรู้ลักษณะของสิ่งนั้นๆ ออกมา ดังนั้นบุคคลที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ต่างกัน ย่อมจะมีมโนทัศน์ในสิ่งเดียวกันแตกต่างกัน”

จากความหมายของมโนทัศน์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ภาพในใจ คำ หรือ กลุ่มคำที่แทนสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน ซึ่งบุคคลคลทั่วไปจะเข้าใจตรงกัน อันเกิดมาจากความเข้าใจ หรือประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลมีต่อสิ่งนั้น

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ซึ่งมีนักการศึกษาทั้งของประเทศไทย และต่างประเทศ ได้อธิบาย และให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971) ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุลคคล”

จาคอบสันและเบิร์กแมน (Jacobson and Bergman, 1999: 120, 130) กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่าน ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเขาเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่เขาสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจนี้ไปยังประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายวิชาหรือสถานการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดสำคัญ (big ideas) ของวิทยาศาสตร์ และถือว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบของสติปัญญาจากประสบการณ์หนึ่งไปยังอีกประสบการณ์หนึ่ง”

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2531: 50) กล่าวถึง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือสถานการณ์ต่างๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน

ไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลายๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนทัศน์เกิดจากข้อเท็จจริงที่เน้นหนักในเชิงปริมาณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด ยิ่งกว่านั้นมโนทัศน์เกี่ยวกับที่เป็นเหตุผลซึ่งกันและกันจะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้"

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540: 3) ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล มโนทัศน์เป็นกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกัน กลุ่มของสิ่งเร้าเหล่านี้อาจเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลก็ได้

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลัก ความเข้าใจโดยสรุปที่บุคคลมีต่อธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว อันเกิดจากการจัดระบบข้อเท็จจริง และประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ โดยความคิดหลัก ความเข้าใจโดยสรุปนี้มีหลายระดับชั้น และสามารถพัฒนาได้

2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่ผู้สอนต้องการแล้วหรือไม่ อย่างไร โดยผู้สอนสามารถพิจารณาว่าผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่ต้องการแล้วจากลักษณะของผู้ที่เกิดมโนทัศน์ ซึ่งนักการศึกษากล่าวไว้ดังนี้

นิทโก (Nitko, 2007: 209) กล่าวว่า ลักษณะที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดมโนทัศน์แล้วมีดังนี้

1. สามารถระบุสิ่งที่ใช่มโนทัศน์ได้ เช่น ผู้ที่มีมโนทัศน์เรื่องสีแดงจะสามารถบอกได้ว่าสิ่งนี้ คือ สีแดง

2. สามารถระบุสิ่งที่ไม่ใช่มโนทัศน์ได้ เช่น ผู้ที่มีมโนทัศน์เรื่องสีแดงจะสามารถบอกได้ว่าสิ่งนี้ไม่ใช่สีแดง

3. สามารถยกตัวอย่างสิ่งที่แสดงถึงมโนทัศน์นั้นได้ เช่น ผู้ที่มีมโนทัศน์เรื่องสีแดงจะสามารถยกตัวอย่างสิ่งที่มีสีแดงได้

นาตยา ปิลันธนานนท์ (2542: 14) กล่าวถึง ลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์แล้ว ดังนี้

1. สามารถบอก ระบุ เรียกชื่อ มโนทัศน์นั้นได้

2. สามารถคัดเลือกจำแนกแยกแยะ บอกตัวอย่างที่ใช่ และที่ไม่ใช่ของมโนทัศน์นั้นได้

3. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้

4. สามารถอธิบาย สรุปความหมายของมโนทัศน์นั้น จากความรู้ ความเข้าใจของตน และด้วยภาษาพูดของตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของผู้ที่เกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว คือ สามารถบอกความหมายของมโนทัศน์นั้นได้ด้วยความเข้าใจ และสามารถระบุสิ่งที่ใช่และสิ่งที่ไม่ใช่มโนทัศน์นั้น รวมถึงสามารถยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นมโนทัศน์นั้นๆ ได้

การสำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนเป็นสิ่งสำคัญ การสำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนจะทำให้ผู้สอนทราบมโนทัศน์ของผู้เรียนว่ามีมโนทัศน์เดิมในเรื่องที่ผู้สอนจะสอนอย่างไร มโนทัศน์ที่ผู้เรียนมีอยู่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง หรือเป็นมโนทัศน์ทางเลือก เพื่อที่ผู้สอนจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนจัดการเรียนการสอน เพื่อแก้ไข และปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียน ส่วนการสำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้สอนทราบว่าการจัดการเรียนการสอนประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร ต้องทำการแก้ไขปรับปรุงหรือไม่ อย่างไร

วิธีการวัดมโนทัศน์จะประเมินจากพฤติกรรมที่ต้องการวัดในด้านความจำ และความเข้าใจโดยสรุป ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ แบบสอบถามคำถามปลายเปิด แบบวัดแบบเลือกตอบ แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน และแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การสัมภาษณ์ และแบบสอบถามคำถามปลายเปิด

การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการสำรวจมโนทัศน์ที่ถูกใช้โดย ออสบอร์น และกิลเบิร์ต (Osborn & Gilbert, 1980 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540: 23-27) มี 2 ลักษณะคือ การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง และการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างจะมีบัตรคำแสดงภาพลายเส้น หรือรูปภาพของวัตถุหรือเหตุการณ์ของตัวอย่างมโนทัศน์ที่ต้องการถาม ผู้สัมภาษณ์

จะนำเสนอบัตรคำทีละใบเพื่อให้นักเรียนดูภาพ แล้วมีคำถามเกี่ยวกับภาพในบัตรคำนั้น ส่วนการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นกว่าการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างและนำมาใช้เพื่อสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยมีการสาธิตปรากฏการณ์จริงๆ ให้นักเรียนดู หรือวาดปรากฏการณ์ดังกล่าวลงบนบัตรคำ ส่วนแบบสอบถามคำถามปลายเปิดเป็นการเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง

การสัมภาษณ์ และแบบสอบถามปลายเปิดมีข้อดีคือ ผู้เก็บข้อมูลสามารถรู้ข้อมูลในเชิงลึกว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง หรือไม่ อย่างไร และสามารถปรับปรุงคำถามได้ตามความเหมาะสม แต่การสำรวจมโนทัศน์โดยวิธีการสัมภาษณ์ และแบบสอบถามปลายเปิดมีข้อจำกัดที่เหมือนกัน คือ ไม่เหมาะสำหรับผู้เรียนจำนวนมาก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลมาก นอกจากนี้การนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ หรือแบบสอบถามปลายเปิด มาทำการวิเคราะห์ และสรุปผลเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลามาก (Beichner, 1994 cited in Kutluay, 2005: 11)

แบบวัดแบบเลือกตอบ

แบบวัดแบบเลือกตอบเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์เครื่องมือหนึ่งลักษณะของแบบวัดแบบเลือกตอบประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นคำตอบ โดยส่วนที่เป็นคำตอบจะเป็นตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก ซึ่งได้มากจากการสัมภาษณ์ แบบวัดแบบเลือกตอบเป็นแบบวัดมโนทัศน์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการสัมภาษณ์ และแบบสอบถามปลายเปิด ในกรณีที่นักเรียนมีจำนวนมาก เนื่องจากเป็นแบบวัดที่ง่ายต่อการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล แต่ข้อจำกัดของแบบวัดแบบเลือกตอบ คือ ให้ข้อมูลในการสำรวจไม่มากเท่ากับการสัมภาษณ์ และแบบสอบถามปลายเปิด และบ่อยครั้งที่พบว่าผู้เรียนทำแบบทดสอบถูกแต่ให้เหตุผลที่ผิด (Kutluay, 2005: 12; วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540: 29) เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้จึงได้มีนักการศึกษาหลายท่านแนะนำให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลประกอบการเลือกคำตอบ จึงเป็นที่มาของแบบวัดแบบเลือกตอบแบบหลายตอน เช่น แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน เป็นต้น

แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน

คาลีออน และซูบราแมนเนียม กล่าวว่า แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน เริ่มสร้างขึ้นในปี 1988 โดยทรีเอกัส (Treagust) เป็นผู้พัฒนาแบบวัดแบบนี้เป็นคนแรก (Caleon and

Subramaniam, 2010: 941) ซึ่งเป็นแบบวัดมโนทัศน์ที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นแบบวัดที่มีประสิทธิภาพ สามารถวิเคราะห์ผล และสรุปผลได้ง่าย มีความเป็นปรนัย และสะดวกในการใช้กับผู้เรียนจำนวนมาก ลักษณะของแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา เพื่อใช้วัดมโนทัศน์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมีคำตอบเป็นแบบตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นคำถามเชิงเหตุผลของเนื้อหาในตอนที่ 1 มีคำตอบเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก หรืออาจเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนเหตุผลอธิบาย

วิธีการสร้างแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน ตามแบบของทรีเอกัส Treagust (Kutluay, 2005: 15) มี 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่ 1 คือ การกำหนดขอบเขตของเนื้อหาของมโนทัศน์ที่ต้องการวัด จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ขั้นตอนที่ 2 คือ การหามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องที่ต้องการวัด โดยทำการสัมภาษณ์ และให้นักเรียนทำแบบทดสอบแบบ 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลในการเลือกคำตอบของตอนที่ 1 อย่างอิสระ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จากนั้นจึงดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 คือ การสร้างแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน โดยใช้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่หาได้จากขั้นตอนที่ 2 เป็นตัวเลือกของแบบทดสอบ แล้วจึงนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ เพื่อนำผลที่ได้มาหาค่าความตรง ความเที่ยง และทำการปรับปรุงแบบทดสอบ ก่อนนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้จริง

แม้ว่าแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอนจะเป็นแบบวัดที่ดี แต่มีข้อจำกัดตามธรรมชาติของแบบวัดแบบเลือกตอบ แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอนไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการตอบผิดเพราะความไม่รู้ และการตอบผิดเพราะผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน ไม่เพียงพอที่จะบอกว่าคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกมาจากความเข้าใจ หรือมาจากการเดาถูก (Hasan, Bagayoko,& Kelley, 1999 cited in Caleon and Subramainiam, 2010: 941) ดังนั้น จึงได้มีการเพิ่มตอนที่ 3 ซึ่งเป็นตอนที่ให้ผู้เรียนแสดงความมั่นใจของตนเองของคำถามที่ตอบในสองตอนแรก

แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน

แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน คล้ายแบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน แต่ได้เพิ่มตอนที่ 3 ซึ่งเป็นตอนที่ถามความมั่นใจของนักเรียนในการตอบ 2 ตอนแรกเข้าไปด้วย เพื่อเป็นการ

วัดว่าการที่ผู้เรียนตอบผิดเนื่องมาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือเพราะขาดความรู้ เพราะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดจะทำให้ผู้เรียนทำแบบวัดผิด แต่การทำแบบวัดผิดทั้งหมดไม่ใช่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การทำแบบวัดผิดในบางครั้งอาจมาจากการขาดความรู้ ถ้าผู้เรียนตอบคำถามในตอนที่ 1 หรือ ตอนที่ 2 ผิด แต่ตอบว่ามั่นใจในตอนที่ 3 นั่นแสดงว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบวัดนี้จึงให้ข้อมูลที่มากกว่าแบบวัดแบบ 2 ตอน (Cataloglu, 2002; Eryilmaz and Surmeli, 2002 cited in Kutluay, 2005: 18-19)

3. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3.1 ความสำคัญของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เป้าหมายของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ไม่ได้เน้นเฉพาะให้ผู้เรียนมีความรู้ แต่เน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 7) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2550: 10) จะเห็นว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนวิทยาศาสตร์ เพราะไม่เพียงแต่ผู้เรียนจะใช้ทักษะเหล่านี้เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจ ทางเนื้อหาวิชาที่เรียนเท่านั้น ผู้เรียนยังใช้ทักษะดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนอีกด้วย (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: ค) สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบเอ็ดที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาคนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554: ช)

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตาราง รูปภาพ กราฟ ฯลฯ ที่รวบรวมรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลไว้อย่างครบถ้วนและกะทัดรัด ในการนำข้อมูลไปใช้จำเป็นต้องแปลความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปของภาพที่จะใช้สื่อความหมายอย่างถูกต้องและเป็นที่เข้าใจตรงกัน (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และพิศาล สร้อยธุหร่ำ, ออนไลน์) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปจึงเป็นทักษะที่มีความจำเป็นซึ่งต้องฝึกให้มีขึ้นกับนักเรียนเพื่อที่จะนำไปใช้ในการอธิบาย บรรยายหรือหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบต่างๆ แล้วสื่อความหมายให้ผู้ฟังหรือผู้อ่านเข้าใจตรงกัน (วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว, 2542: 152)

3.2 ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทักษะหนึ่ง นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คัสแลน และสโตน (Kusland and Stone,1968: 229) กล่าวโดยสรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

คลอฟเฟอร์ (Klopfer, 1971: 568-573) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จีกา (Gega, 1990: 96) กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิดและรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การจำแนก การวัด การลงข้อสรุป และการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540: ค) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการใช้กระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความ สัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิด เห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่ว

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 9) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงความชำนาญและความสามารถในการใช้การคิดเพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (psychomotor skill / hand on skills) เพราะเป็นการทำงานของสมอง

จากความหมายข้างต้นสรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญ และความสามารถในการใช้กระบวนการต่างๆ เช่น การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การทดลอง การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น เพื่อใช้ในการค้นหาความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ รวมทั้งการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะทางปัญญา เนื่องจากเป็นการทำงานของสมอง และไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ดังนี้

คลอฟเฟอร์ (Klopfer, 1971: 568-573) กล่าวว่า การแปลความหมายและการลงสรุป ได้แก่ การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง และการสรุปข้อมูลนั้นๆ เป็น หลักการ (principle) กฎ (law) และมโนทัศน์ (concept)

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS) (1974: 9-10) กล่าวว่า ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่แล้วนำมาสรุป ความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การแปลความหมายข้อมูลและข้อสรุป เป็นกระบวนการขั้นสุด ยอดหรือขั้นสุดท้ายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองใดๆ แม้ว่าจะออกแบบการ ทดลอง ทำการทดลองอย่างรัดกุม ได้ข้อมูลจากการทดลองอย่างละเอียดแต่ถ้าขาดกระบวนการ ขั้นนี้ก็จะไม่สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อตอบรับหรือปฏิเสธสมมติฐานได้ เพราะการแปล ความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นการมองข้อมูลในทุกแง่ทุกมุม การพิจารณาถึงความหนักแน่น ของหลักฐานที่สนับสนุนหรือความขัดแย้ง การดึงเอาประสบการณ์ ความรู้ และหลักการคิดหา เหตุผลมาเป็นเครื่องมือในการแปลความหมายแล้วจึงลงเป็นข้อสรุปต่อไป

สมาคมเพื่อพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The America Association for the Advance of Science: AAAS อ้างถึงใน วรรณทิพา และพิมพันธ์, 2542: 3-6) กล่าวว่า ทักษะการ แปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion) ประกอบด้วย การแปลความหมายขอมูล และการลงข้อสรุป โดย การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การแปลความหมายข้อมูลใน บางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น การสังเกต การใช้ตัวเลข เป็นต้น และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดได้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 84) กล่าวว่า ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล คือ ความสามารถในการที่จะบอก

ความหมายของข้อมูล ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ หรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย ทักษะการแปลความหมายของข้อมูลนั้น จะนำไปสู่การทำนาย การลงความคิดเห็นจากข้อมูลหรือการตั้งสมมติฐาน ส่วนการสรุปผลเป็นการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) กล่าวว่า ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion) ประกอบด้วยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและทักษะการลงข้อสรุป โดยทักษะการแปลความหมายข้อมูล คือ ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความอันใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และพิศาล สร้อยสุหร่ำ (2554: ออนไลน์) กล่าวถึงทักษะการแปลความหมายข้อมูลโดยสรุปว่า การแปลความหมายข้อมูล คือ การแปลความหมายข้อมูลที่ถูกจัดกระทำอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง รูปภาพ หรือกราฟ ให้อยู่ในรูปของภาษาพูด หรือภาษาเขียนที่สื่อความหมายกับคนทั่วๆ ไปได้โดยเป็นที่เข้าใจตรงกัน

จากการศึกษาความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สามารถสรุปได้ว่าทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นทักษะกระบวนการขั้นสุดยอดที่เกี่ยวข้องกับทักษะอื่นๆ และต้องอาศัยทักษะอื่นๆ เป็นพื้นฐาน ทักษะนี้ประกอบด้วย 2 ทักษะอยู่รวมกัน คือ

1. ทักษะการแปลความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายข้อมูล จากการทดลอง จากการสังเกต หรือข้อมูลที่ถูกจัดกระทำแล้วที่อยู่ในรูปของ กราฟ ตาราง แผนภาพ แผนภาพ ภาษาสัญลักษณ์ ให้เป็นภาษาที่สื่อความหมาย

2. ทักษะการลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์จากการแปลความหมายข้อมูลเป็นความรู้ใหม่ หรือเป็นข้อความอันเป็นคำตอบของปัญหา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะย่อยๆ หลายทักษะนักการศึกษาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คลอฟเฟอร์ (Klopfer, 1971: 568-573) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะที่สำคัญ 4 ทักษะ คือ

1. การสังเกตและการวัด เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหาข้อมูลที่รวบรวมได้ส่วนใหญ่มักจะเป็นความจริง

2. การมองเห็นปัญหาและวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหา ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลอง และการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน

3. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ได้แก่ การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง และการสรุปข้อมูลนั้น เป็นหลักการ (principle) กฎ (law) และมโนทัศน์ (concept)

4. การสร้างทฤษฎี การตรวจสอบ และการปรับปรุงแก้ไขทฤษฎีที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบาย ปรากฏการณ์ของปัญหาที่พบ การสร้างทฤษฎีนี้ได้จัดว่าเป็นจุดหมายสูงสุดของการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ซาปา (Science A Process Approach, SAPA) (cited in Padilla. J. M., 1990: online) แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานเป็นพื้นฐานสำหรับทักษะกระบวนการขั้นผสมผสาน มีรายละเอียด ดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ หรือเหตุการณ์ เช่น การบรรยายดินสอสีเหลือง

2. การลงความเห็น (Inferring) หมายถึง การคาดเดาจากความรู้เดิมเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยอาศัยพื้นฐานของข้อมูล หรือข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาก่อนหน้า เช่น การพูดกล่าวว่า คนที่เคยใช้ดินสอแท่งนี้เขียนหนังสือผิดเป็นจำนวนมากเพราะยางลบสึกไปมาก

3. การวัด (Measuring) หมายถึง การใช้หน่วยการวัดทั้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน หรือ การคำนวณมิติของวัตถุ หรือเหตุการณ์ เช่น การใช้ไม้เมตรวัดความยาวของโต๊ะในหน่วยเซนติเมตร

4. การสื่อสาร (Communicating) หมายถึง การใช้คำ หรือ สัญลักษณ์ภาพในการบรรยายการกระทำ วัตถุ หรือเหตุการณ์ เช่น การบรรยายการเปลี่ยนแปลงความสูงของพืชเวลาต่างๆ โดยการเขียน หรือ โดยกราฟ

5. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การจัดกลุ่ม หรือ การเรียงลำดับวัตถุ หรือเหตุการณ์ตามประเภทโดยอาศัยคุณสมบัติ หรือ เกณฑ์ในการจำแนก เช่น การจัดวางหินที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักมากไว้ในกลุ่มเดียวกัน

6. การทำนาย (Predicting) หมายถึง การกล่าวถึงผลลัพธ์ของเหตุการณ์ในอนาคต โดยอาศัยแบบแผนของหลักฐาน เช่น การทำนายความสูงของต้นพืชใน 2 สัปดาห์โดยอาศัยข้อมูลจากกราฟแสดงการเจริญเติบโตของต้นพืชเมื่อ 4 สัปดาห์ก่อน

7. การควบคุมตัวแปร (Controlling variable) หมายถึง ความสามารถในการระบุตัวแปรที่สามารถมีผลต่อผลการทดลอง แล้วควบคุมให้คงที่ที่สุดเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเกิดจากตัวแปรอิสระเท่านั้น เช่น ความจริงจากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าทั้งน้ำและแสงจำเป็นต้องควบคุม เมื่อทำการทดสอบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วอย่างไร

8. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operational) หมายถึง การกำหนดวิธีการวัดตัวแปรในการทดลอง เช่น กำหนดว่าการเจริญเติบโตของถั่วจะวัดในหน่วยเซนติเมตรต่อสัปดาห์

9. การสร้างสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง การกล่าวถึงผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการทดลอง เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพมากขึ้น การเจริญเติบโตของต้นถั่วยิ่งเพิ่มขึ้น

10. การแปลความหมายข้อมูล (Interpreting data) หมายถึง การจัดรวบรวมข้อมูล และสรุปผลจากข้อมูลนั้น เช่น บันทึกข้อมูลจากการทดลองการเจริญเติบโตของต้นถั่วในตารางและสรุปแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูล

11. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทดลอง ประกอบด้วย การตั้งปัญหา การกำหนดสมมติฐาน การระบะและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรเหล่านั้น การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง และการแปลความหมายผลลัพธ์ของการทดลอง เช่น กระบวนการทั้งหมดของการดำเนินการทดลองผลของการใส่ปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่ว

12. การสร้างแบบจำลอง (Formulating model) การสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือทางกายภาพของกระบวนการ หรือเหตุการณ์ เช่น แบบจำลองความสัมพันธ์ของกระบวนการเดือดและการควบแน่นในวัฏจักรน้ำ

ทักษะที่ 1-6 เป็นทักษะขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 7-12 เป็นทักษะขั้นผสมผสาน

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2542: 3-5) กล่าวถึงการแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 ทักษะ โดยทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางิวทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ มีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วยการชี้บ่งและการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการกะประมาณและการบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วยความสามารถที่แสดงที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้คือ การอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่งพวกของสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ นอกจากนั้นสามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเองพร้อมกับบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งของนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์

4. การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5. การใช้ตัวเลข (Using Numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับได้ ตัดสินได้ว่าวัตถุในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน หรือแตกต่างกัน เป็นต้น การคำนวณ เช่น บอกวิธีคำนวณ คิดคำนวณ และแสดงวิธีคำนวณได้อย่างถูกต้อง และประการสุดท้ายคือ การหาค่าเฉลี่ย เช่น การบอกและแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง

6. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Using Space / Time Relationships) สามารถอธิบายได้ดังนี้

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่อยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ได้แก่ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยใช้ตัวเองหรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

7. การสื่อความหมายข้อมูล (Communicating) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือการเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น โดยจะต้องรู้จักเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม บอกเหตุผลในการเสนอข้อมูลในการเลือกแบบเสนอข้อมูลนั้น การเสนอข้อมูลอาจกระทำได้หลายแบบดังที่กล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะการเสนอข้อมูลในรูปของตาราง การบรรจุข้อมูลให้อยู่ในรูปของตารางปกติจะใส่ค่าของ

ตัวแปรอิสระไว้ทางซ้ายมือของตาราง และค่าของตัวแปรตามไว้ทางขวามือของตารางโดยเขียนค่าของตัวแปรอิสระไว้เรียงลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก หรือจากค่ามากไปหาค่าน้อย

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ซึ่งทำได้สองแบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ กับการพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การพยากรณ์ผลของข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นต้น

9. การชี้บ่งและการควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในสมมติฐานหนึ่งๆ

ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบ หรือไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามีกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ สิ่งที่ควรต้องทราบตัวแปรจากปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องทราบว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้นคือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดสอบจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริงและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลอง อาจอยู่ในรูปตารางหรือการเขียนกราฟ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงค่าของตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระบนแกนนอนและค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง โดยเฉพาะในแต่ละแกนต้องใช้สเกลที่เหมาะสม พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของค่าตัวแปรทั้งสองบนกราฟด้วย

ในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ สามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปรในการทดลองว่า ตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่ต้องควบคุม ในการทดลองหนึ่งๆ ต้องมีตัวแปรตัวหนึ่งเท่านั้นที่มีผลต่อการทดลอง และเพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ได้เกิดจากตัวแปรนั้นจริงๆ จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ ไม่ให้มีผลต่อการทดลอง ซึ่งเรียกตัวแปรนี้ว่าตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

13. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การแปลความหมายข้อมูล ในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการลงข้อสรุปคือบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ เช่น

การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงก็สามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นกับตัวแปรตามขณะที่ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงหรือถ้าลากกราฟเป็นเส้นโค้งให้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก่อนที่กราฟเส้นโค้งจะเปลี่ยนทิศทางและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังจากที่กราฟเส้นโค้งเปลี่ยนทิศทางแล้ว

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์(AAAS)(อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 9-13) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน(basic science process skills) ประกอบด้วย การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้เลขจำนวน ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป โดยรายละเอียดความหมายของแต่ละทักษะสรุปไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.3 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 1. การสังเกต (observing)	การสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ควรเป็นข้อมูลประภท 1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ 2. ข้อมูลเชิงปริมาณ 3. ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
2. การจำแนกประเภท (classifying)	ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง
3. การวัด (measuring)	ความสามารถในการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย
4. การใช้เลขจำนวน (using number)	ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งได้จากการสังเกตการวัดการทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณและหารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส สเปสกับเวลา (space and space, space and time relationships)	ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปส ของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา
6. การลงความเห็นจากข้อมูล (inferring)	ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรือปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ถ้าฝึกจนเกิดความชำนาญจะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

ตารางที่ 2.3 **(ต่อ)** ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	**ความหมาย**
7. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and Communicating data)	ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น
8. การพยากรณ์ (predicting)	ความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์ การพยากรณ์หรือการคาดคะเน อาจเป็นการพยากรณ์ 1) ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษาหรือ 2) ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	
9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling the variables)	ความสามารถในการกำหนดว่าสิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่ต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่เป็นสาเหตุและเป็นตัวแปรที่เป็นผลและสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ใขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

ตารางที่ 2.3 **(ต่อ)** ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
10. การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing)	ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุป หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกตประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวดังกล่าวต้องนำไปพิสูจน์
11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (operational defining of the variables)	ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้ โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย
12. การทดลอง (experimenting)	ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง
13. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion)	การแปลความหมายข้อมูล คือ ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือ คามสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกศสได้เป็ยข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

จากองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีจำนวน 14 ทักษะ คือ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้คำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การ

ตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลอง และสามารถแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการขั้นผสมผสาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน คือ ทักษะอย่างง่าย ประกอบด้วย การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้คำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน คือ ทักษะขั้นสูงที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นฐาน ประกอบด้วย การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลอง

เมื่อพิจารณาพบว่าทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นองค์ประกอบหนึ่งของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งเป็นทักษะขั้นสูงที่ต้องอาศัยทักษะหลายทักษะเป็นพื้นฐาน และเป็นทักษะสำคัญที่จะทำให้เกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3 แนวทางการวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่ไปกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จหรือไม่ โดยนักการศึกษาได้อธิบายถึงแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

เอนเกอร์ และยาเกอร์ (Enger and Yager, 2000: 94) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3 วิธี ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรม เป็นการสังเกตการลงมือปฏิบัติการทดลองของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ

2. การประเมินจากสมุดบันทึก เป็นการให้นักเรียนบันทึกวิธีการดำเนินการทดลองขณะทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า

3. การตอบคำถามสั้นๆ เป็นการให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบสอบประเภทต่างๆ เช่น แบบสอบแบบเลือกตอบ แบบสอบแบบเขียนตอบ เป็นต้น

โซลาโน (Solano, 2000: 31) กล่าวถึงแนวทางการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติทดลองด้วยแบบตรวจสอบรายการ และประเมินผลการทดลองด้วยแบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า โดยครูจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติทดลองจริง

แคบบา (Kabba, 2008: 68) เสนอแนวทางการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าควรใช้การประเมินที่เน้นแนวทางการปฏิบัติเป็นพื้นฐาน (Performance-based assessment) เนื่อง จากนักเรียนสามารถแสดงความสามารถของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน เช่น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง เป็นต้น จากการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย โดยครูกำหนดประเด็นปัญหาเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบขณะทำการทดลองต่างๆ จนถึงขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานของตนเอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544: 166) กล่าวถึงการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 2 รูปแบบ คือ

1. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ
2. การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มี 3 วิธี คือ

1. การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ
2. การประเมินผลการทดลองจากสมุดบันทึกผลการทดลอง หรือจากการนำเสนอผลการทดลอง โดยใช้แบบมาตรประมาณค่า

3. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเป็นแบบทดสอบแบบตอบสั้น หรือแบบวัดแบบเลือกตอบ

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในการวัดและประเมินทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งมีหน่วยงานทางการศึกษา และนักการศึกษาได้กล่าวไว้ ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS) (1974: 9-10) กล่าวว่า ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีดังนี้

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้
2. อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่างๆ ได้
3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

เมคลิน ไบเรส เคปเลอร์ โอลิเวอร์ และสมิท (Mechling, Bires, Kepler, Oliver and Smith, 1985: Online) กล่าวถึงความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีดังนี้

1. จัดการและอธิบายข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองด้วยภาษาของตนเอง
2. ปรับปรุงการแปลความหมายข้อมูลบนพื้นฐานของข้อมูลใหม่ หรือข้อมูลที่ถูกปรับปรุงแล้ว

วรรณทิพา รอดแรงค้าและจิต นวนแก้ว (2542: 5) กล่าวว่า ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการลงข้อสรุปคือบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ ถ้าเป็นกราฟเส้นตรงก็สามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นกับตัวแปรตามขณะที่ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงหรือถ้าลากกราฟเป็นเส้นโค้งให้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก่อนที่กราฟเส้นโค้งจะเปลี่ยนทิศทางและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังจากที่กราฟเส้นโค้งเปลี่ยนทิศทางแล้ว

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540: 138-140) กล่าวถึงพัฒนาการของทักษะการแปลความหมายข้อมูลว่ามีลำดับในการพัฒนา สรุปได้ดังนี้

1. ใช้พยานหลักฐานทั้งหมดที่มีอยู่มากกว่าการใช้แนวคิดเดิมที่มาจากประสบการณ์ในการแสดงความคิดเห็น

2. ความสามารถที่จะโยงพยานหลักฐานอันหนึ่งกับพยานหลักฐานอีกอันหนึ่งได้

3. การรวบรวมข้อมูลให้มากขึ้นเพื่อตรวจสอบการตีความหมายข้อมูล

4. ความสามารถในการอธิบายการทำนายตามแบบแผนที่การทำนายตั้งอยู่

โครงการ STAR (The Science Teaching Action Research) (Russell และ Harlen, 1990 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า: 2540) กล่าวถึงพัฒนาการของพฤติกรรมการแปลความหมายข้อมูล ดังนี้

1. แปลความหมายข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลที่มีอยู่มากกว่าการใช้แนวความคิดเดิมมาลงข้อสรุป

2. แปลความหมายข้อมูลบนพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่

3. ตรวจสอบการแปลความหมายข้อมูลกับข้อมูลใหม่ที่ได้รับมา

4. การแปลความหมายตั้งอยู่บนพื้นฐานของแบบแผนหรือความสัมพันธ์

5. ทำนายภายในขอบเขตของข้อมูลจากข้อมูลที่กำหนดให้

จากการศึกษาความสามารถที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีดังนี้

1. แปลความหมายหรืออธิบายความหมายข้อมูลที่อยู่ในรูป ตาราง กราฟ แผนภาพ แผนภาพ และภาษาสัญลักษณ์ได้

2. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่อยู่ในรูป ตาราง กราฟ แผนภาพ แผนภาพ และภาษาสัญลักษณ์ได้

3. เชื่อมโยงข้อมูลต่างๆอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้

4. ทำนายภายในขอบเขตของข้อมูลที่กำหนดได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

อนุสรา เสนไสย (2550) ศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการใช้บทเรียนเว็บเควสท์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เสาวลักษณ์ เหลืองดี (2552) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และความพึงพอใจ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าหลังการทดลองนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง และมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

ดำเนิน ยาท้วม (2548) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดและความตระหนักรู้อภิปัญญา ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับ การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความตระหนักรู้อภิปัญญา มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูง

4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Hall (1989: 2985A) ศึกษาการเปรียบเทียบการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS ที่เน้นทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นผสมผสานในการพัฒนามโนทัศน์กับการสอนปกติ วิชาชีววิทยากับนักศึกษาระดับวิทยาลัยจำนวน 119 คน พบว่าเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เหตุผล และมโนทัศน์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

Tien (1999: 2915A) ศึกษาผลการช้วัฏจักรการเรียนรู้ MORE (Model Observe Reflect Explain) ทดลองสอนวิชาเคมีนักการศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย โดยให้ทำโครงงานปฏิบัติการทดลองซึ่งประกอบด้วย การสำรวจตรวจสอบมโนทัศน์โดยการสืบสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการอภิปัญญาและการค้นพบพบว่ากลุ่มทดลองมีจตคติต่อวิชาเคมี มโนทัศน์

วิชาเคมี ทักษะการสืบสอบและความเชื่อด้านการปฏิบัติการด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

Calik (2006: 257) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์จากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนตรัคติวิสต์ เรื่อง การสลายตัวของแก๊สในของเหลว โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 44 คน จาก 2 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และ 2) แบบสอบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนตรักติวิสต์มีควมเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง การสลายตัวของแก๊สในของเหลวสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ และด้านความจำระยะยาวระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนตรักติวิสต์กับกลุ่มที่เรียนแบบปกติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

TURGUT, U and GURBUZ, F (2011) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการสอนแบบ 5E ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์เรื่องอุณหภูมิและความร้อน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการสอนแบบ 5E กับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการสอนแบบ 5E มีมโนทัศน์ เรื่อง อุณหภูมิและความร้อนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมแต่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไม่ต่างกัน

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

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

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง(Quasi-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยเป็น Two-Group Pretest-Posttest Design มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ในการเรียนวิทยาศาสตร์ และกลุ่มเปรียบเทียบเป็นกลุ่มที่ใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง ดังภาพที่ 3.1

กลุ่มทดลอง	O_1--------- X ---------O_2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1-------- ~X---------O_2

ภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design

O_1	หมายถึง	การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ด้านมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและด้านทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
X	หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบ 4EX2
~X	หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป
O_2	หมายถึง	การเก็บข้อมูลหลังการทดลองด้านมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและด้านทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี (สพม.9 จังหวัดสุพรรณบุรี) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงคือโรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาแบบสหศึกษา เปิดสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนนักเรียนเพียงพอในการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2) การกำหนดห้องเรียนเพื่อเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

โรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” มีนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเลือกห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 นำคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน(ว 22101)ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนทั้ง 7 ห้อง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(one-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) พบว่ามีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างจากกลุ่มอื่น จากนั้นจึงทำการทดสอบภายหลัง(Post Hoc Test) เป็นรายคู่เพื่อหาคู่ที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติทดสอบดันเนตทีสาม(Dunnett T3) พบว่ามีห้องเรียนจำนวน 11 คู่ ที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบภายหลัง(Post Hoc Test) คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนจำนวน 7 ห้อง

ห้องเรียน	$\bar{X}$	ตารางสรุปผลการวิเคราะห์รายคู่					
		ม.2/2	ม.2/3	ม.2/4	ม.2/5	ม.2/6	ม.2/7
ม.2/1	76.93	.081	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
ม.2/2	71.06	-	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
ม.2/3	55.50	-	-	1.000	1.000	.996	1.000
ม.2/4	57.29	-	-	-	1.000	.421	1.000
ม.2/5	52.68	-	-	-	-	.909	1.000
ม.2/6	57.30	-	-	-	-	-	.461
ม.2/7	61.34	-	-	-	-	-	-

* ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 จากนั้นทำการสุ่มด้วยวิธีการจับฉลาก 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จับฉลากเพื่อเลือกคู่ของห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ผลปรากฏว่าได้คู่ที่ 1 ม.2/1 กับ ม.2/2 จากนั้นจึงทำการจับฉลากครั้งที่ 2 เพื่อกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่านักเรียนห้อง ม.2/1 เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนห้อง ม.2/2 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้ง 2 กลุ่ม มีนักเรียนห้องละ 32 คนเท่ากัน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

1.2 แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็น ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามการเรียนการสอนแบบทั่วไป

ขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 แบบ คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแต่ละแบบ ดังต่อไปนี้

1.1 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น สร้างขึ้นโดยอิงแนวคิดของ Eryilmaz และ Sürmeli (cited in Kutluay, 2005: 18) เพื่อใช้วัดมโนทัศน์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน แบบวัดมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน โดย ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 มีคำตอบ 4 ตัวเลือก และตอนที่ 3 เป็นข้อคำถามความมั่นใจในการตอบในส่วนที่ 1 และ 2 มีคำตอบ 2 ตัวเลือก โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็น จากนั้นจึงเลือกวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นเป็นแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน ตามแนวคิดของ Eryilmazและ Sürmeli (cited in Kutluay, 2005: 18)

2) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น จากนั้นสร้างตารางวิเคราะห์มโนทัศน์และสรุปเป็นผังมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น (ภาคผนวก ข)

3) นำตารางวิเคราะห์มโนทัศน์ และผังมโนทัศน์ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา และความครอบคลุมตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำตารางวิเคราะห์มโนทัศน์และผังมโนทัศน์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา และความครอบคลุมตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งมีข้อแนะนำเพื่อการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

3.1 ข้อแนะนำเพื่อการปรับปรุงตารางวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่อง “แสงและการมองเห็น”

(1) ใช้ศัพท์บัญญัติให้ถูกต้อง ตัวอย่าง เช่น “ตัวกลางทึบแสง” ปรับเป็น “วัตถุทึบแสง” “เส้นปกติ” ปรับเป็น “เส้นแนวฉาก” เป็นต้น

(2) เขียนมโนทัศน์เรื่องการหักเหของแสงให้ถูกต้องกล่าวคือการหักเหของแสงเกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่างกันใช้คำว่า “ความหนาแน่น” แทนคำว่า “ดัชนีหักเห” ไม่ได้

(3) เพิ่มมโนทัศน์เรื่องการดูดกลืนแสง

3.2 ข้อแนะนำในการปรับปรุงผังมโนทัศน์เรื่อง “แสงและการมองเห็น”

(1) เพิ่มมโนทัศน์เรื่องการดูดกลืนแสง และเพิ่มสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงและให้เขียนคำในวงเล็บว่าเกินจากหลักสูตร

(2) แก้ไขข้อความจาก “หลักการทำงานของทัศนูปกรณ์” เป็น “หลักการทำงานของทัศนูปกรณ์อย่างง่าย”

4) เมื่อปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว จากนั้นกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ โดยพิจารณาความครอบคลุมตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ตารางวิเคราะห์มโนทัศน์และผังมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ดังปรากฏในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิเคราะห์จำนวนข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

มโนทัศน์หลัก	มโนทัศน์รอง	จำนวนข้อ
1. แสง	1.1 ความหมายของแสง	2
2. การสะท้อนของแสง	2.1 การสะท้อนของแสง	2
	2.2 การเกิดภาพจากการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด	5
3. การหักเหของแสง	3.1 การหักเหของแสง	2
	3.2 ลึกปรากฏ	1
	3.3 การกระจายแสง	2
	3.4 การเกิดภาพจากเลนส์	4
	3.5 การสะท้อนกลับหมด	3
	3.6 หลักการทำงานของทัศนูปกรณ์	3

ตารางที่ 3.2 **(ต่อ)** วิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็น

มโนทัศน์หลัก	มโนทัศน์รอง	จำนวนข้อ
4. การมองเห็น	4.1 การมองเห็น	2
	4.2 ความสว่าง	1
	4.3 การเกิดภาพในตา	2
	4.4 การมองเห็นสี	4
	รวม	33

5) ดำเนินการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ ซึ่งเป็นแบบวัดสอบแบบเลือกตอบแบบ 3 ตอน ตามโครงสร้างที่ได้ศึกษาในขั้นตอนที่ 1 จำนวน 33 ข้อ 33 คะแนน เกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกทั้ง 3 ตอนได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดตอนใดตอนหนึ่งได้ 0 คะแนน

6) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นที่สร้างเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบด้านภาษา และความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

7) นำแบบวัดฉบับที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือกตัวลวง และความถูกต้องของภาษา จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้แบบวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) แล้วปรับแก้ไขแบบวัดมโนทัศน์ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งประกอบด้วยประเด็น ดังนี้

7.1 ปรับโจทย์ให้มีความน่าสนใจ เช่น เปลี่ยนจาก “กระจกที่อยู่บริเวณทางแยกของถนน เป็นกระจกชนิดใด” เป็น “กระจกที่อยู่ในร้านสะดวกซื้อเป็นกระจกชนิดใด”

7.2 ปรับเนื้อหาตัวเลือกในบางข้อให้มีความถูกต้อง ชัดเจน เช่น “แสงเคลื่อนที่เร็วในตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย” เป็น “แสงเคลื่อนที่เร็วในบริเวณที่ไม่มีตัวกลาง”

7.3 ปรับรูปภาพให้มีความถูกต้องชัดเจนและคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เช่น ขนาดภาพที่เกิดจากกระจกเว้าต้องคำนึงถึงตำแหน่งวัตถุ และระยะโฟกัสด้วย

7.4 ปรับใช้ภาษาที่เป็นทางการเช่น “ส่วนใดของตาต้องทำงานหนัก” ปรับเป็น “ส่วนใดของตาต้องทำงานมากกว่าปกติ”

8) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบวัดมโนทัศน์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ซึ่งไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

9) นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนน แล้ววิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดรายข้อ ในด้านความยากง่าย (difficulty) และอำนาจจำแนก (discrimination) และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับด้านความเที่ยง ด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยใช้สูตรที่ 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน(Kuder-Richardson Formula-20, KR-20)(Kuder&Richardson, 1937; Richardson&Kuder, 1983 cited in Brown, 1983: 83) ผลการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าแบบวัดฉบับนี้ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.69 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.10-0.77 และอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.10-0.55

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกข้อสอบโดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือก คือ มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 181) พบว่ามีข้อสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์จึงคัดออกจำนวน 3 ข้อ ทำให้เหลือข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 30 ข้อ(รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง) และหลังจากปรับแล้วแบบวัดมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.79 และมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.77 และอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.55

10) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นที่ปรับแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงในการวิจัย (ภาคผนวก ข)

1.2 แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้แนวการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเอนเกอร์ และยาเกอร์ (Enger and Yager, 2000: 94) เพื่อใช้วัดทักษะของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง แบ่งเป็น 2 คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบตอบสั้น จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน ตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากนั้นกำหนดลักษณะของแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปโดยใช้แนวการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเอนเกอร์ และยาเกอร์ (Enger and Yager,

2000: 94) แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบตอบสั้น จำนวน 13 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ

2) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดตามนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีจำนวนข้อในแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังปรากฏในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนข้อของแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	จำนวนข้อ
1. ความสามารถในการแปลความหมายข้อมูล	
1.1 การแปลความหมายข้อมูลจากตาราง	2
1.2 การแปลความหมายข้อมูลจากกราฟ	2
1.3 การแปลความหมายข้อมูลจากแผนภาพ	2
1.4 การแปลความหมายข้อมูลจากแผนภูมิ	3
1.5 การแปลความหมายข้อมูลจากภาษาสัญลักษณ์	2
2. ความสามารถในการลงข้อสรุป	
2.1 สรุปความสัมพันธ์จากตารางได้	4
2.2 สรุปความสัมพันธ์จากกราฟได้	3
2.3 สรุปความสัมพันธ์จากแผนภาพได้	4
2.4 สรุปความสัมพันธ์จากแผนภูมิได้	3
2.5 สรุปความสัมพันธ์จากภาษาสัญลักษณ์ได้	2
2.6 การเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล	4
2.7 การทำนายภายในขอบเขตที่กำหนด	3
รวม	34

4) ดำเนินการสร้างแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อ สรุปให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการวัด

5) นำแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่สร้างเสร็จแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของ

อาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นนำแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่ได้ปรับปรุงให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน(ดังรายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความสอดคล้องตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะของคำถาม ตัวเลือก และความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา ซึ่งมีข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

5.1 ด้านภาษา

(1) ปรับชื่อตาราง กราฟ แผนภาพ แผนภูมิ ให้มีรายละเอียดของข้อมูลที่สมบูรณ์ ชัดเจนและสื่อความ เช่น กราฟปริมาณออกซิเจนและประชากรปลาในทะเลสาบ ปรับเป็น กราฟปริมาณออกซิเจนและของเสียในน้ำทิ้ง กับปริมาณประชากรปลาในทะเลสาบ ระหว่างปี พ.ศ.2493 – พ.ศ.2513

(2) ปรับภาษาให้เหมาะสม และสื่อความหมาย เช่น แก้ไขข้อความว่า “ตรงกับความเป็นจริง” เป็น “สอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนด” “ช่วงเดือนใดของปีที่สามารถพบผลไม้ได้ทั้ง 4 ชนิด” ปรับเป็น “นักเรียนสามารถหาผลไม้ทั้ง 4 ชนิดรับประทานได้ในช่วงเดือนใด”

5.2 การปรับปรุงรูปภาพ

ปรับลำดับของรูปภาพโดยเรียงลำดับการเกิดก่อน หลังของเหตุการณ์

5.3 การปรับปรุงตัวเลือก

ปรับตัวเลือกให้มีความสั้นยาวไม่แตกต่างกันเกินไป

6) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 คน ซึ่งไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

7) จากนั้นนำผลการวัดมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดรายข้อในด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนก และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยงด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายในใช้สูตรที่20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20)(Brown, 1983:83) ผลการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีค่าความเที่ยง 0.68 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30-0.93 และอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.02-0.67

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกแบบวัดมโนทัศน์โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบคือมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 181) และตัดข้อสอบที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ออกจำนวน 4 ข้อ โดยเป็นแบบทดสอบแบบตอบสั้น 3 ข้อ และแบบเลือกตอบ 1 ข้อ เหลือข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 30 ข้อ โดยหลังจากปรับแล้วแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่สร้างขึ้นมีค่า

ความเที่ยงเท่ากับ 0.75 และมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30-0.80 และอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.67

8) นำแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่ปรับแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริงในการวิจัย (ภาคผนวก ข)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็น ซึ่งมี 2 แบบคือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ มีจำนวนแผน จำนวนคาบเรียน และมีเนื้อหาสาระในการเรียนรู้เท่ากัน โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร วารสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอน 4EX2 การประเมินผลระหว่างเรียน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิด

2) ศึกษาหลักการและเป้าหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ จากหนังสือตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3) คัดเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ เรื่อง แสงและการมองเห็น และศึกษารายละเอียดของเนื้อหาจากคู่มือครูและหนังสือเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้พื้นฐานแรงและการเคลื่อนที่พลังงาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4) จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 10 แผน จำนวน 18 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 จำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงและการมองเห็น

ลำดับที่	เรื่อง	จำนวนคาบ
1	กฎการสะท้อนของแสง	2
2	การเกิดภาพบนวัตถุสะท้อนผิวราบ	2
3	การเกิดภาพบนวัตถุสะท้อนผิวโค้ง	2
4	การหักเหของแสง	2

ตารางที่ 3.4 **(ต่อ)** จำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงและการมองเห็น

ลำดับที่	เรื่อง	จำนวนคาบ
5	การกระจายแสง	1
6	เลนส์	1
7	การเกิดภาพจากเลนส์	3
8	การสะท้อนกลับหมด	1
9	ความสว่าง	1
10	การมองเห็น	3
	รวม	18

5) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระตามจำนวนคาบที่กำหนด โดยกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอน 4EX2 และกลุ่มเปรียบเทียบใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม และความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ มาตรฐานและตัวชี้วัด วัตถุประสงค์ สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมกับรูปแบบการเรียนการสอน ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดเช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา สรุปคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

6.1 <u>ด้านภาษา</u>

ปรับคำ ข้อความ และประโยคให้สื่อความหมายชัดเจน ถูกต้อง และสมบูรณ์ มีความยืดหยุ่น ตัวอย่างรายละเอียดในการแก้ไข คือ

- “แหล่งกำเนิด” ปรับเป็น “แหล่งกำเนิดแสง”
- “คำตอบของนักเรียนที่ครูต้องการ” ปรับเป็น “ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน”
- “ตำแหน่งของแสงตกกระทบ” ปรับเป็น “แนวลำแสงตกกระทบ”
- “พระอาทิตย์” ปรับเป็น “ดวงอาทิตย์”

- “ใช้กระจกเงาระนาบวางตรงกึ่งกลางระหว่างนักเรียนทั้งสองคน” ปรับเป็น “ใช้กระจกเงาระนาบวางระหว่างนักเรียน โดยวางตั้งฉากกับโต๊ะสาธิต และฉากกั้น”
- “ครูวาดภาพจำลองตำแหน่งของตุ๊กตานักเรียนบนกระดาน” ปรับเป็น “ครูวาดภาพจำลองตำแหน่งของตุ๊กตานักเรียน ตำแหน่งของกระจกเงาระนาบ ตำแหน่งของฉากกัน แนวลำแสงตกกระทบ และแนวลำแสงสะท้อนจากไฟฉายบนกระดาน”
- “ปัญหาที่ตั้งขึ้นนำสู่การหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่” ปรับเป็น “ปัญหาที่ตั้งขึ้นนำไปสู่การรวบรวมหลักฐานหรือการทดลองเพื่อสร้างคำตอบหรือไม่”
- “ตารางบันทึกผลการทดลองครอบคลุมทุกคำตอบของปัญหาการทดลองหรือไม่” ปรับเป็น “ตารางบันทึกผลการทดลองครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่ต้องการเก็บรวบรวมเพื่อหาคำตอบของปัญหาการทดลองหรือไม่”

6.2 <u>ด้านรูปภาพ</u>

(1) ปรับภาพที่เลือกมาใช้ให้สมเหตุสมผล ตัวอย่างการแก้ไขคือ ภาพการมองเห็นแสงจากเปลวไฟ เนื่องจากแสงจากแหล่งกำเนิดแสงพุ่งเข้าสู่ตา ลูกศรต้องอยู่ในแนวเดียวกับตา

(2) เพิ่มภาพให้มีหลายกรณี ตัวอย่างการแก้ไขคือ ภาพการสะท้อนของแสง มีทั้งกรณีแสงทำมุม 0 องศากับเส้นแนวฉาก และกรณีที่แสงทำมุมอื่นๆ กับเส้นแนวฉาก

(3) เขียนคำอธิบาย ส่วนประกอบ และรายละเอียดต่างๆ ของภาพให้ครบ

6.3 <u>ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</u>

(1) ควรนำคำถามที่เขียนไว้ในตารางจุดประสงค์ คำถาม การประเมิน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มาใช้ในทุกขั้นตอน

(2) ปรับเปลี่ยนบางกิจกรรมที่อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสน เช่น กิจกรรมภาพของตุ๊กตาขนาดใหญ่เมื่อเลื่อนถอยห่างจากกระจกจะมีโอกาสซ้อนทับภาพตุ๊กตาขนาดเล็กหรือไม่ เนื่องจากเนื้อหาต้องการสอนว่า ขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ แต่การมองเห็นและการเกิดภาพแตกต่างกัน

7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ นำมาแก้ไขปรับปรุง แล้วนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนตามแนวแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ทำการทดสอบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปก่อนการทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2) ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้แผนการเรียนการสอนแบบทั่วไป การสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากันคือ จำนวน 10 แผน และใช้เวลาทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที

3) เมื่อดำเนินการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทดสอบหลังเรียนทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบพร้อมกัน ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4) นำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for windows โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics)

วิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และคะแนนทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปก่อนและหลังการทดลอง ทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอ้างอิงใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้

(1) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังการได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอน 4EX2 โดยใช้สถิติทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง

(2) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยสถิติทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น มี 2 ประเด็น ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

1.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป มี 2 ประเด็น ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบหลังการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) แบบมีทิศทาง ประกอบด้วยการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ และคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามมโนทัศน์หลัก ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าที มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

มโนทัศน์	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
แสงและการมองเห็น (30)	14.38	2.93	16.10	3.80	1.21*
• แสง (2)	1.00	0.76	1.38	0.55	1.27*
• การสะท้อนของแสง (6)	3.00	1.14	3.28	0.88	0.65
• การหักเหของแสง (14)	6.59	1.34	6.97	2.16	0.61
• การมองเห็น (8)	3.84	1.57	4.47	1.41	1.26*

* $p < .05$, one-tailed dependent t-test, df=31

จากตาราง 4.1 ก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 14.38 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 47.93 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.93 คะแนน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 16.10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.80 คะแนน และเมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบมีทิศทาง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาแยกรายมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละรายมโนทัศน์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองทุกมโนทัศน์ โดยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลักหลังการทดลอง เรื่องแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการมองเห็น เท่ากับ 1.38, 3.28, 6.97 และ 4.47 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละมโนทัศน์มาทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องการสะท้อนของแสง และการหักเหของแสงไม่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent) แบบมีทิศทาง ประกอบด้วยการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ และคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามมโนทัศน์หลัก ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ย($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าทีมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

มโนทัศน์	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
แสงและการมองเห็น (30)	16.10	3.80	14.22	3.65	1.01*
• แสง (2)	1.38	0.55	0.94	0.76	1.32*
• การสะท้อนของแสง (6)	3.28	0.89	2.94	0.98	0.73
• การหักเหของแสง (14)	6.97	2.16	6.63	2.03	0.33
• การมองเห็น (8)	4.47	1.41	3.72	1.51	1.03*

* $p < .05$, one-tailed independent t-test, df=62

จากตารางที่ 4.2 พบว่าหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 16.10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.80 คะแนน ในขณะที่กลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ย 14.22 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 47.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.65 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบมีทิศทาง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาแยกรายมโนทัศน์พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละมโนทัศน์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบทุกมโนทัศน์ และเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละมโนทัศน์มาทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องการสะท้อนของแสง และการหักเหของแสงไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุประหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

แบบมีทิศทางประกอบด้วยการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งฉบับและคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามทักษะ ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที ทักษะการแปลความหมาย ข้อมูลและการลงข้อสรุป ก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (30)	22.31	3.24	24.00	2.20	1.21*
• การแปลความหมายข้อมูล (8)	6.09	0.86	6.66	0.90	1.89*
• การลงข้อสรุป (22)	16.22	1.66	17.41	1.74	2.40*

* $p < .05$, one-tailed dependent t-test, df=62

จากตารางที่ 4.3 พบว่าก่อนการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 22.31 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.37 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.24 คะแนน หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 24.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.20 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบมีทิศทาง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาแยกรายทักษะ พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนแฉลี่ยในแต่ละทักษะสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป เท่ากับ 6.66 และ 17.41 คะแนน ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละทักษะมาทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูล และทักษะการลงข้อสรุป สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับ

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกันแบบมีทิศทาง ประกอบด้วยการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งฉบับและคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามทักษะย่อย ปรากฏผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าที ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	กลุ่มทดลอง		หลังการทดลอง		t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (30)	24.00	2.20	22.72	2.49	1.09*
• การแปลความหมายข้อมูล (8)	6.66	0.90	6.19	0.86	1.06*
• การลงข้อสรุป (22)	17.41	1.74	16.53	2.185	0.89

* $p < .05$, one-tailed independent t-test, df=62

จากตารางที่ 4.4 พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป 24.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป 22.72 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.73 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุประหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบมีทิศทาง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาแยกรายทักษะ พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนแฉลี่ยในแต่ละทักษะสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละทักษะมาทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีทักษะการลงข้อสรุปไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 2) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป 3) เปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และ 4) เปรียบเทียบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนศรีประจันต์“เมธีประมุข” จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบการสอน 4EX2 และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนทั้ง 2 กลุ่ม ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวม 18 คาบ คาบละ 50 นาที เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปทั้งก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีประเด็นหลักสำหรับการอภิปราย 2 ประเด็น ดังนี้

1. ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 1 และข้อ 2 โดยการที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็นเพิ่มขึ้น สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1) การประเมินระหว่างเรียนและการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดที่สอดแทรกในทุกขั้นตอน การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด คือ การที่นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ ความคิดที่เกิดขึ้นของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนการสอน โดยการเขียนในแบบประเมิน การอภิปรายกลุ่มย่อย และการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งครูทำหน้าที่ประเมินความรู้ ความคิดเหล่านั้น และให้ข้อมูล

ย้อนกลับในทันที การที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและเขียนอย่างอิสระโดยมีครูคอยดูแลทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนได้อย่างลึกซึ้ง สอดคล้องกับ Kuhn (1999) ที่กล่าวโดยสรุปว่า ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมั่นใจว่าตนเองรู้อะไร ระลึกได้ว่าได้ความรู้นั้นมาได้อย่างไร และสามารถประเมินความรู้ของตนเองได้

2) ธรรมชาติของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมของเพียเจต์เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมแล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 16) ซึ่งรูปแบบการสอน 4EX2 ในขั้นสร้างความสนใจที่มีการตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อทราบมโนทัศน์ที่นักเรียนมีอยู่ว่าถูกต้องหรือไม่ก่อนจัดกิจกรรมที่สร้างความสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของนักเรียนเอง การกำหนดคำถามที่เกิดจากความสนใจ นำทางสู่การออกแบบการสำรวจตรวจสอบในขั้นสำรวจและค้นหา แล้วนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองในขั้นลงข้อสรุปและอธิบาย และในขั้นขยายความคิด คือ การเชื่อมโยงมโนทัศน์ไปสู่สถานการณ์ใหม่ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์ได้ลึกซึ้งขึ้น

2. ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอน 4EX2 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 3 และข้อ 4 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบ 4EX2 มีพื้นฐานมาจากรูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีสรรคนิยมของเพียเจ และวีกอสกี้ (Marshall et al., 2008) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ จำลองมาจากการปฏิบัติการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดของกระบวนการที่

นักวิทยาศาสตร์ และนักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับโลกและธรรมชาติ และหาคำตอบโดยการลงมือปฏิบัติ (NRC, 1996: 214)

รูปแบบการสอน 4EX2 ประกอบด้วยการสอน 4 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นลงข้อสรุปและอธิบาย และขั้นขยายความคิด จะเห็นได้ว่าขั้นลงข้อสรุปและอธิบายเป็นขั้นตอนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ ซึ่งนักเรียนจะต้องสรุปผลการเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนภายในกลุ่มในทุกเรื่องที่ทำการจัดการเรียนการสอน การสรุปร่วมกันภายในกลุ่มจะทำให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนรู้ไปได้พร้อมกัน เนื่องจากมีการช่วยเหลือการเรียนรู้ และเสริมต่อการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับแนวคิดของวีกอสกี้ที่กล่าวถึงการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ ความแตกต่างระหว่างบุคคลมีความสำคัญ เนื่องจากสามารถช่วยเหลือผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ ความแตกต่างระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่กับระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ เรียกว่า “Zone of proximal development (ZPD)” ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) จากเพื่อน ครู หรือผู้ที่มีความรู้มากกว่า “More Knowledgeable Other (MKO)” (ศรินธร วิทยะสิรินันท์และคณะ. 2544: 33)

นอกจากนี้นักเรียนยังได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเองในแบบประเมิน การที่นักเรียนต้องสรุปความรู้ด้วยตนเองทุกครั้งจะทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สอดคล้องกับทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ ในเรื่อง กฎของการใช้ ว่า เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจหรือเรียนรู้แล้ว จะมีการกระทำหรือนำสิ่งที่เรียนรู้นั้นไปใช้บ่อยๆ จะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวร

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 สามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ดีกว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ครูวิทยาศาสตร์ที่สนใจนำรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 4EX2 ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรให้ความสำคัญกับการประเมินระหว่างการเรียนการสอน และการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดความคิดอย่างรู้คิดของผู้เรียน โดยครูอาจปรับปรุงแบบสะท้อนความคิด และข้อคำถามที่ใช้ในการประเมินและการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการสังเกตของผู้วิจัยระหว่างดำเนินการวิจัย พบว่า นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองด้วยตนเอง นอกจากนี้นักเรียนได้สะท้อนความคิดในแบบสะท้อนความคิดตลอดเวลา ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะการทดลอง หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ และอาจศึกษาความสามารถในการควบคุมและประเมินการคิดของตนเอง (metacognition)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. **รายงานการสัมมนา เรื่อง การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542: ข้อคิดจากกรณีศึกษาของต่างประเทศ**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2554. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ.๒๕๕๕-๒๕๕๙)** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=395 [12 มี.ค. 2554]

ทิศนา แขมมณี และคณะ. 2544. **วิทยาการด้านการคิด**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ทิศนา แขมมณี. 2548. **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต ชูกำแพง. 2551. **การประเมินการเรียนรู้**. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. 2537. ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน. **วารสารพัฒนาหลักสูตร**. 14(ตุลาคม-ธันวาคม): 55-60.

นาตยา ปิลันธนานนท์. 2542. **การเรียนรู้ความคิดรวบยอด** (Concept Learning). กรุงเทพมหานคร: เจ้าพระยาระบบการพิมพ์.

บัญชา แสนทวี. 2547. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เล่ม ๔**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2544. **การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดและวิธีการ [Online]**, Available from: http://www.onec.go.th [2010, August 26].

ปรีชา ธรรมา. 2543. สังกัป. **สารานุกรมศึกษาศาสตร์** 19(เมษายน): 44-48.

ปรีชาญ เดชศรี และปริชาติ เบ็ญจวรรณ์. 2552. **การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ** (Trends in International Science Study 2007). กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. 2548. **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

รุจาภา ประถมวงษ์. 2551. **การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ลักขณา สริวัฒน์. 2549. **การคิด Thinking**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. 2554. **นโยบายหลักเพื่อขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ.๒๕๕๔ – ๒๕๖๑)**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.onec.go.th/onec_main/page.php?mod=Book&file=view&itemId=1044 [12 มี.ค. 2555]

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. Constructivism. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2545. **การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา ระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว. 2542. **การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2542. **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศิริชัย กาญจนวาวร. (2544). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม**. พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศึกษาธิการ, กระทรวง. 2551. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. 2555. **สรุปผลวิเคราะห์ความสามารถของนักเรียน ป.6, ม.3, ม.6 จากคะแนน O-NET**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.niets.or.th/ [12 มี.ค. 2555]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. **โครงการ PISA**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://pisathailand.ipst.ac.th/ [12 มี.ค. 2555]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. **คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน แรงและการเคลื่อนที่พลังงาน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

ภาษาอังกฤษ

American Association for the Advancement of Science. 2007. **Science process skills [Online]**. Available from: htpp://209.85.175.104/search. [2007, December 24].

Ausubel, D.P. 1968. **Educational psychology: A cognitive view.** New York: Holt, Rinehart & Winston.

Aydeniz, M. and Aybuke, P. Understanding The Impact of Formative Assessment Strategies on First Year University Students' Conceptual Understanding of Chemical Concepts. **Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education.** Vol. 5, Issue 2, December 2011: 18-41.

Bhattacharya, K. and Han, S. 2009. **Piaget's Constructivism [Online].** Available from: http://projects.coe.uga.edu/epltt/indext.php?title=Piaget's_Constructivism [2010,August 13].

Brown. F. G. (1983). **Principle of educational and psychological testing.** 3ed, New York: Holt, Rinehart and Winson.

Bybee, R. and Loucks-Horsley, S. 2002, March. "Implementing the national science education standards". **The Science Teacher**, 22-26.

Bybee. R., Taylor. J, Gardner. A, Scotter. P, Powell. J Westbrook. A and Landes. N., 2006. The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. **A Report Prepared for the Office of Science Education National Institutes of Health,** 13. Colorado Springs.

Caleon, I. and Subramaniam, R. 2010. **Development and Application of a Three-Tier Diagnosic Test To Assess Secondary Students' Understanding of Waves.** International Journal of Science
Education. Vol 32, No.7, pp. 939-961.

Eisenkraft, A. 2003, September. "Expanding the 5E model." **The Science Teacher.** 57-59.

Enger, S. K. and Yager, R.E. 2001. **Assessing student understanding in science.** California Corwin press.

Fensham, P. 2008. **Science education policy-making.** Paris: UNESCO.

Galloway, C. 2007. **Vygotsky's constructivism [Online].** Available from: http://projects.coe.uga.edu/epltt/indext.php?title=Vygotsky's_constructivism [2010, August 13].

Good, C.V. 1973. **Dictionary of Education.** New York: McGraw-Hall Company

Kabba, C. 2008. Performance-based assessment. **Science Teaching.** 75(8) (November): 68-72.

Jacobson, W. J., and Bergman, A. B. 1991. **Science for Children A book for Teachers.** 3rd ed. Englewood Cliffts, New Jersey: Prentice Hall.

Kibler, R. J., Barker, L. L., and Miles, D. T. 1972. **Behavioral Objectives and Instruction.** Boston: Allyn and Bacon.

Kutluay. Y. 2005. **Diagnosis of eleventh grade students' misconceptions about geometric optic by a three- tier test.** The degree of master of science in secondary science and mathenatics education.

Lawson, A.E. 1995. **Science teaching and development of thinking.** California: Wadswort.

Lovell, K. 1996. **Educational Psychology and Children**. University of London Press LTD. Warcick Square, London. E.C.

Marshall, J. C., Horton, R., & Smart, J. 4EX2 Instruction Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. **Journal of Science Teacher Education**. Volume 20, Issue 1 (December 2009): 501-516.

Mechling, K., Bires, N., Kepler, L., Oliver, D., and Smith, B., 1985. **A Recommended Science Competency Continuum for Grade K-6 for Pennsylvania Schools. [Online]**. Available from: http://www.scienceprocesstests.com/continuum.html [2011, August 19].

Ministry of Education Singapore. 2008. **Science Syllabus Lower Secondary Express/Normal (Academic) [Online]**. Available from: http://www.moe.sg/. [2010, August 19].

National Research Council. 1996. **National Science Education Standards**. Washington D.C.: National Academy Press.

Nitko, A. J. 2007. **Educational Assessment of Student**. 5th ed. New Jersey: Pearson Education.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2007. **Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006 [Online]**. Available from: http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf [2011, August 19]

Padilla. J. M., 1990. **The Science Process Skills. [Online]**. Available from: http://www.narst.org/publications/research/skill.cfm [2011, August 19].

Piaget, J. and Inhelder, B. 1964. **The growth of logic: From childhood to adolescence**. New York: Basic Book.

Queen's Printer for Ontario, 2008. **The Ontario Curriculum Grades 9 and 10 Science. [Online]**. Available from: http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec.html [2012, April 9].

Sund, R. B. and Trowbridge, L.W. 1973. **Teaching Science by Inquiry in the Secondary School.** 2nd ed. Ohio: A Bell & Howell Company.

TURGUT, Ü and GÜRBÜZ, F. Effects of Teaching with 5e Model on Students' Behaveiors and Their Conceptual Changes about the Subject of Heat and Temperature. **International Online Journal of Educational Science.** 3(2), 2011: 679-706.

Vygotsky, L. 1978. **Mind in society: The development of higher psychological processes.** Cambridge:Harvard University Press.

Yager, R.E. and Akcay.H. The Advantages of an Inquiry Approach for Science Instruction in Middle Grade. **School Science and Mathematics.** Volume 110, Issue 1 (January 2010): 5-12.

White, R T., & Gunstone, R. F. 1992. **Probing Understanding.** Great Britain: Falmer Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจผังมโนทัศน์และตารางวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) (ปัจจุบันเกษียณอายุแล้ว)
2. อาจารย์กิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	ผู้ชำนาญสมทบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. อาจารย์ ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี	อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) (ปัจจุบันเกษียณอายุแล้ว)
2. อาจารย์กิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	ผู้ชำนาญสมทบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. อาจารย์ ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี	อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงและการมองเห็น

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) (ปัจจุบันเกษียณอายุแล้ว)
2. อาจารย์กิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	ผู้ชำนาญสมทบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานท์	อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

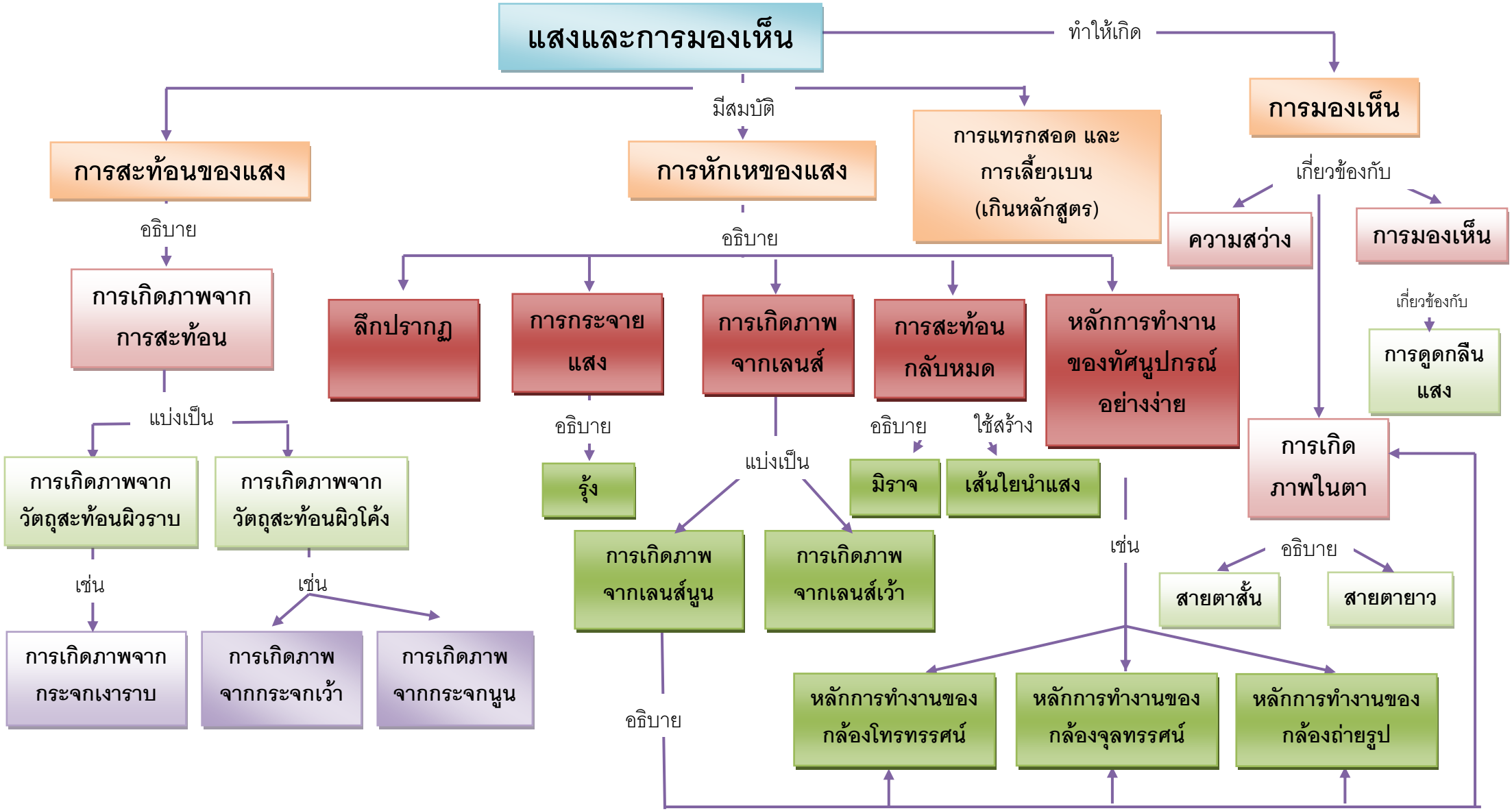
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

1. รศ. พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) (ปัจจุบันเกษียณอายุแล้ว)
2. ผศ. ดร.พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ	อาจารย์ประจำ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
3. อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี	อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผังมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็น
2. ตารางวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็น
3. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น
4. แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ผังมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



ตารางที่ 6.1 มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

มโนทัศน์	คำอธิบาย
แสง	แสง คือ พลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่ตาสามารถมองเห็นได้ สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในบริเวณที่มีตัวกลางและบริเวณที่ไม่มีตัวกลาง ยกเว้นในวัตถุทึบแสง โดยมีอัตราเร็วมากสุดในสุญญากาศ เท่ากับ $3x10^8$ เมตรต่อวินาที
การสะท้อนของแสง	การสะท้อนของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางไปตกกระทบผิวสะท้อนแล้วสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อนเสมอ คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน
การเกิดภาพจากการสะท้อน	การสะท้อนของแสงทำให้เกิดภาพขึ้น โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริงจะเป็นภาพจริง และถ้ารังสีสะท้อนเสมือนตัดกันจะเป็นภาพเสมือน
การเกิดภาพจากวัตถุสะท้อนผิวราบ	การเกิดภาพจากวัตถุสะท้อนผิวราบจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน โดยภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ
การเกิดภาพจากกระจกเงาราบ	การเกิดภาพจากกระจกเงาราบเกิดจากการสะท้อนของแสงบนตัวสะท้อนผิวราบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง มีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ ขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ
การเกิดภาพจากวัตถุสะท้อนผิวโค้ง	การเกิดภาพจากวัตถุสะท้อนผิวโค้งจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน โดยภาพที่เกิดขึ้นมีทั้งภาพจริง และภาพเสมือน และมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุสะท้อนผิวโค้ง และระยะของวัตถุ
การเกิดภาพจากกระจกเว้า	การเกิดภาพจากกระจกเว้าเกิดจากการสะท้อนของแสงบนวัตถุสะท้อนผิวโค้งเว้า ซึ่งมีสมบัติในการสะท้อนความคิดอย่างรู้คิดแล้วรวมแสง ภาพที่เกิดขึ้นจึงมีทั้งภาพจริงและภาพเสมือน โดยภาพจริงที่เกิดขึ้นเป็นภาพหัวกลับ มีทั้งขนาดใหญ่กว่า เท่ากับ และเล็กกว่าวัตถุ ส่วนภาพเสมือนที่เกิดขึ้นเป็นภาพหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ตารางที่ 6.1 **(ต่อ)** มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

มโนทัศน์	คำอธิบาย
การเกิดภาพจากกระจกนูน	การเกิดภาพจากกระจกนูนเกิดจากการสะท้อนของแสงบนวัตถุสะท้อนผิวโค้งนูน ซึ่งมีสมบัติในการกระจายแสง ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ จึงทำให้เห็นภาพในมุมกว้าง
การหักเหของแสง	การหักเหของแสง คือ การที่รังสีของแสงเกิดการหักเหไปจากแนวเดิมเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่างกัน โดยแสงจะเกิดการหักเหมาก เมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อย และหักเหน้อย เมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมาก
ลึกปรากฏ	ลึกปรากฏ คือ ปรากฏการณ์ที่ผู้สังเกตมองเห็นตำแหน่งของวัตถุซึ่งไม่ใช่วัตถุจริง เนื่องจากการหักเหของแสงในตัวกลางที่แสงเดินทางผ่าน
การกระจายแสง	การกระจายแสง คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อฉายแสงขาวผ่านปริซึม แล้วทำให้แสงขาวแยกออกเป็นสเปกตรัม เกิดจากแสงแต่ละสีหักเหไม่เท่ากัน
รุ้ง	รุ้ง คือ ปรากฏการณ์ที่เห็นแถบสีต่างๆ บนท้องฟ้า เกิดจากแสงจากดวงอาทิตย์เมื่อผ่านละอองน้ำที่อยู่ในอากาศแล้วเกิดการหักเห และกระจายแสงเป็นแสงสีต่างๆ เข้าสู่ตาผู้สังเกต
การเกิดภาพจากเลนส์	การเกิดภาพจากเลนส์ เกิดจากการหักเหของแสง มีทั้งภาพจริง และภาพเสมือน และมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับชนิดของเลนส์ และระยะของวัตถุ
การเกิดภาพจากเลนส์นูน	เลนส์นูน คือ เลนส์ที่มีสมบัติในการรวมแสง ดังนั้นภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจึงมีทั้งภาพจริง และภาพเสมือน โดยภาพจริงมีทั้งขนาดใหญ่กว่า เท่ากับ และเล็กว่าวัตถุ ส่วนภาพเสมือนมีแต่ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
การเกิดภาพจากเลนส์เว้า	เลนส์เว้า คือ เลนส์ที่มีสมบัติในการกระจายแสง ดังนั้นภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจึงเป็นภาพเสมือนขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ตารางที่ 6.1 **(ต่อ)** มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

มโนทัศน์	คำอธิบาย
การสะท้อนกลับหมด	การสะท้อนกลับหมด คือ การที่รังสีของแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง 2 ชนิดที่แตกต่างกัน แล้วสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม เกิดขึ้นในกรณีที่รังสีตกกระทบทำมุมมากกว่ามุมวิกฤติ
มิราจ	มิราจ คือ ปรากฏการณ์การสะท้อนกลับหมดที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เกิดจากอากาศร้อนทำให้ความหนาแน่นของอากาศระหว่างพื้นผิวและส่วนที่อยู่สูงขึ้นไปจากพื้นดินแตกต่างกัน เมื่อผู้สังเกตอยู่ในมุมที่เหมาะสมจึงทำให้เห็นได้
เส้นใยนำแสง	เส้นใยนำแสง คือ อุปกรณ์ที่นำหลักการสะท้อนกลับหมดมาใช้ โดยให้แสงจากจุดเริ่มต้นสะท้อนกลับไปกลับมาภายเส้นใยนำแสงจนกระทั่งถึงจุดปลาย โดยไม่มีการหักเหออกนอกเส้นใยนำแสงเลย ด้วยสมบัตินี้จึงนำเส้นใยนำแสงมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์และการสื่อสาร
หลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย	กล้องโทรทรรศน์ คือ กล้องที่ใช้ดูวัตถุในท้องฟ้า ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 ตัว คือ เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา โดยเลนส์ใกล้วัตถุรับแสงจากวัตถุที่อยู่ไกลมากทำให้เกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ และภาพนี้เสมือนเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ซึ่งเลนส์ใกล้ตาจะขยายให้ภาพใหญ่ขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวกลับขนาดใหญ่
หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย	กล้องจุลทรรศน์ คือ กล้องที่ใช้ดูวัตถุขนาดเล็กๆ ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 ตัว คือเลนส์ใกล้วัตถุ และเลนส์ใกล้ตา โดยภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุจะเป็นภาพจริงหัวกลับขนาดใหญ่กว่าวัตถุ และภาพนี้จะเสมือนเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ซึ่งเลนส์ใกล้ตาจะขยายภาพนี้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นภาพเสมือนหัวกลับขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
หลักการทำงานของกล้องถ่ายรูปอย่างง่าย	กล้องถ่ายรูป ประกอบด้วย เลนส์นูน 1 ตัว ภาพที่ได้เป็นภาพจริงหัวกลับขนาดเล็กกว่าวัตถุ โดยมีฟิล์มเป็นฉากรับภาพ

ตารางที่ 6.1 **(ต่อ)** มโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

มโนทัศน์	คำอธิบาย
การมองเห็น	การมองเห็นเกิดจากแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเดินทางมาสู่ตา หรือ แสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา ผ่านเลนส์ตา ซึ่งเป็นเลนส์นูน ทำหน้าที่รวมแสงให้ไปตกที่เรตินา เซลล์รับภาพที่เรตินาจะรับภาพ ในลักษณะหัวกลับแล้วส่งไปตามเส้นประสาทสู่สมองส่วนท้ายทอย สมองทำหน้าที่แปลภาพหัวกลับเป็นหัวตั้งตามเดิมของสิ่งที่เห็น
ความสว่าง	ความสว่าง คือ ปริมาณแสงที่ตกลงบนวัตถุ มีค่าผกผันกับระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุยกกำลังสอง และพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลา โดยในบริเวณที่มีแสงสว่างน้อยหรือมากเกินไป จะทำให้มองเห็นภาพไม่ชัดเจน และเสียสุขภาพตา ดังนั้น ในแต่ละบริเวณควรจัดความสว่างให้เหมาะสม
การเกิดภาพในตา	การเกิดภาพในตาอาศัยหลักการทำงานของเลนส์นูน คือ เลนส์ตาทำหน้าที่รวมแสงให้ไปตกที่เรตินา โดยมีกล้ามเนื้อยึดเลนส์ตาทำหน้าที่ปรับความยาวโฟกัส ถ้าแสงตกที่เรตินาพอดี จะทำให้เห็นภาพชัดเจน ถ้าแสงตกก่อนหรือหลังเรตินาจะทำให้เห็นภาพไม่ชัดเจน
สายตาสั้น	สายตาสั้นเกิดจากแสงผ่านเลนส์ตา แล้วตัดกันก่อนถึงเรตินา ทำให้เห็นภาพไม่ชัดเจน แก้ไขโดยใส่แว่นที่ทำจากเลนส์เว้าเพื่อกระจายแสงให้แสงตกที่เรตินาพอดี
สายตายาว	สายตายาวเกิดจากแสงผ่านเลนส์ตา แล้วแสงตัดกันหลังเรตินา ทำให้เห็นภาพไม่ชัดเจน แก้ไขโดยใส่แว่นที่ทำจากเลนส์นูนเพื่อรวมแสงให้แสงตกที่เรตินาพอดี
การมองเห็นสี	การมองเห็นสีของวัตถุเป็นสีต่างๆ เนื่องจากในวัตถุจะมีตัวสีที่ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงสีอื่นๆ ยกเว้นสีของตัวมันเอง และสะท้อนสีของตัวมันเองเข้าสู่ตา ทำให้มองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ
การดูดกลืนแสง	การดูดกลืนแสงของวัตถุสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับสีของผิววัตถุ วัตถุสีเข้มจะดูดกลืนแสงได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อน วัตถุผิวขรุขระจะดูดกลืนแสงได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบ

(ตัวอย่าง)

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่องแสงและการมองเห็น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แสง เป็นทดสอบแบบปรนัยแบบ 3 ตอน โดยแต่ละข้อประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

<u>ตอนที่ 1</u> มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

<u>ตอนที่ 2</u> มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลในการเลือกตัวเลือกของคำถามในตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

<u>ตอนที่ 3</u> มีลักษณะเป็นข้อคำถาม ถามความมั่นใจในการเลือกคำตอบใน 2 ตอนแรก ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก

2. แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แสง ประกอบด้วยข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ

3. การทำแบบวัดมโนทัศน์ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดใน ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 และเลือกคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงที่สุดในตอนที่ 3

4. เวลาในการทำแบบวัดมโนทัศน์ 40 นาที

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดมโนทัศน์คืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

1. กระจกที่อยู่ในร้านสะดวกซื้อเป็นกระจกชนิดใด

ก. กระจกเว้า

ข. กระจกนูน

ค. กระจกเงาราบ

ง. กระจกชนิดใดก็ได้แล้วแต่สะดวก

เพราะ

1) ต้องการได้ภาพที่มีลักษณะเหมือนวัตถุทุกประการ

2) ต้องการได้ภาพที่มีความคมชัดกว่าวัตถุ

3) ต้องการได้ภาพขนาดขยาย

4) ต้องการได้ภาพในมุมกว้าง

นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ

๒. ไม่มั่นใจ

2. อุปกรณ์ใดสามารถรับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วทำให้กระดาษลุกไหม้ได้

ก. เลนส์นูน

ข. เลนส์เว้า

ค. กระจกนูน

ง. กระจกเงาราบ

เพราะ

1) เลนส์นูนกระจายแสง เลนส์เว้ารวมแสง

2) เลนส์นูนรวมแสง เลนส์เว้ากระจายแสง

3) กระจกนูนรวมแสง กระจกเงาราบกระจายแสง

4) กระจกนูนกระจายแสง กระจกเงาราบรวมแสง

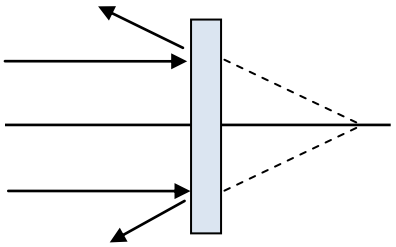
นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ

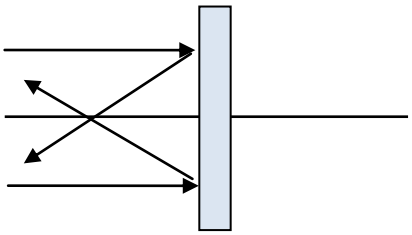
๒. ไม่มั่นใจ

3. ข้อใดแสดงรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์เว้า

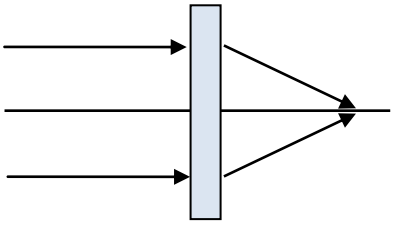
ก.



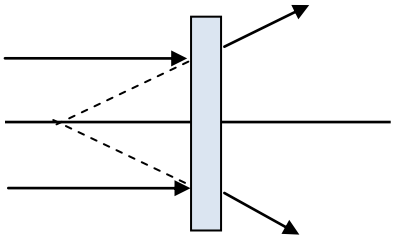
ข.



ค.



ง.



เพราะ

1) เลนส์เว้ารวมแสงให้ตัดกันหลังเลนส์
2) เลนส์เว้ารวมแสงให้ตัดกันหน้าเลนส์
3) เลนส์เว้ากระจายแสงเสมือนตัดกันหน้าเลนส์
4) เลนส์เว้ากระจายแสงเสมือนตัดกันหลังเลนส์

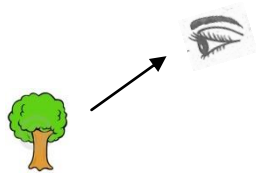
นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ

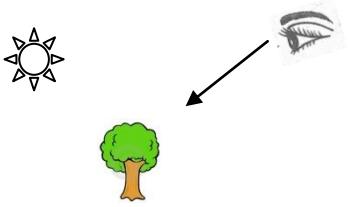
๒. ไม่มั่นใจ

4. นักเรียนสามารถมองเห็นต้นไม้ที่อยู่ริมถนนในเวลากลางวันได้อย่างไร

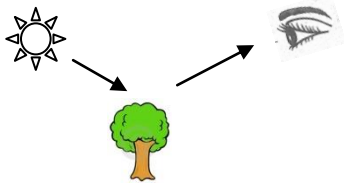
ก.



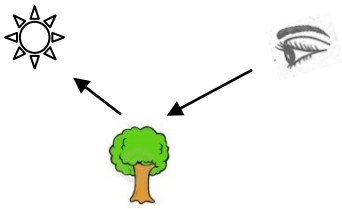
ข.



ค.



ง.



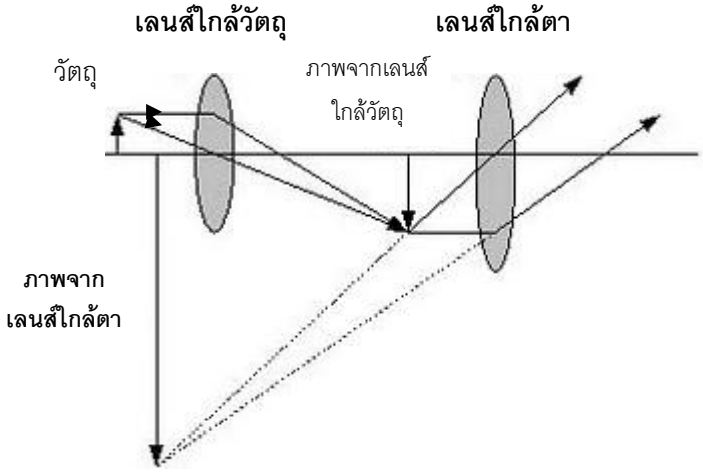
เพราะ

1. แสงจากตา
2. แสงจากวัตถุ
3. การสะท้อนของแสงจากตา
4. การสะท้อนของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง

นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ

๒. ไม่มั่นใจ



5. จากรูป แสดงหลักการทำงานของอุปกรณ์ใด

ก. กล้องเพอริสโคป

ข. กล้องจุลทรรศน์

ค. กล้องโทรทรรศน์

ง. กล้องส่องทางไกล

เพราะ

1) ขยายภาพวัตถุที่มีขนาดเล็กให้ได้ภาพขนาดใหญ่

2) แสงผ่านเลนส์นูนแล้วตกลงบนฉาก

3) ทำให้เห็นวัตถุที่อยู่ในมุมสูง

4) รับภาพจากระยะอนันต์

นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ

๒. ไม่มั่นใจ

(ตัวอย่าง)

แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

<u>ตอนที่ 1</u> แบบวัดทักษะฯ แบบตอบสั้น จำนวน 10 ข้อ

<u>ตอนที่ 2</u> แบบวัดทักษะฯ แบบเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือกคือ ก. ข. ค. และ ง. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

2. แบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปฉบับนี้พิจารณาเกณฑ์ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน ดังนั้น แบบวัดฉบับนี้จึงมีคะแนนเต็มคิดเป็น 30 คะแนน

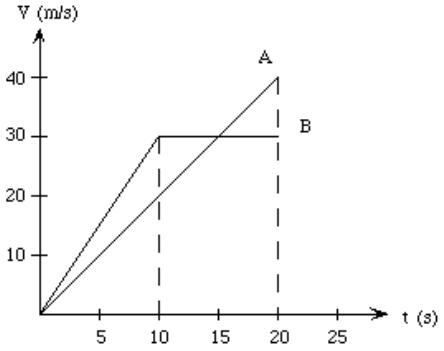
3. โปรดส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกจากห้องสอบ

4. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 50 นาที

ตอนที่ 1 แบบวัดทักษะฯ แบบเขียนตอบอย่างสั้น ๆ (ตัวอย่าง)

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามโดยใช้ข้อมูลที่กำหนดแล้วเขียนคำตอบที่ถูกต้องลงในแบบทดสอบ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับ ความเร็ว (v) ของรถ A และรถ B



จากกราฟข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถาม ข้อ 1-2

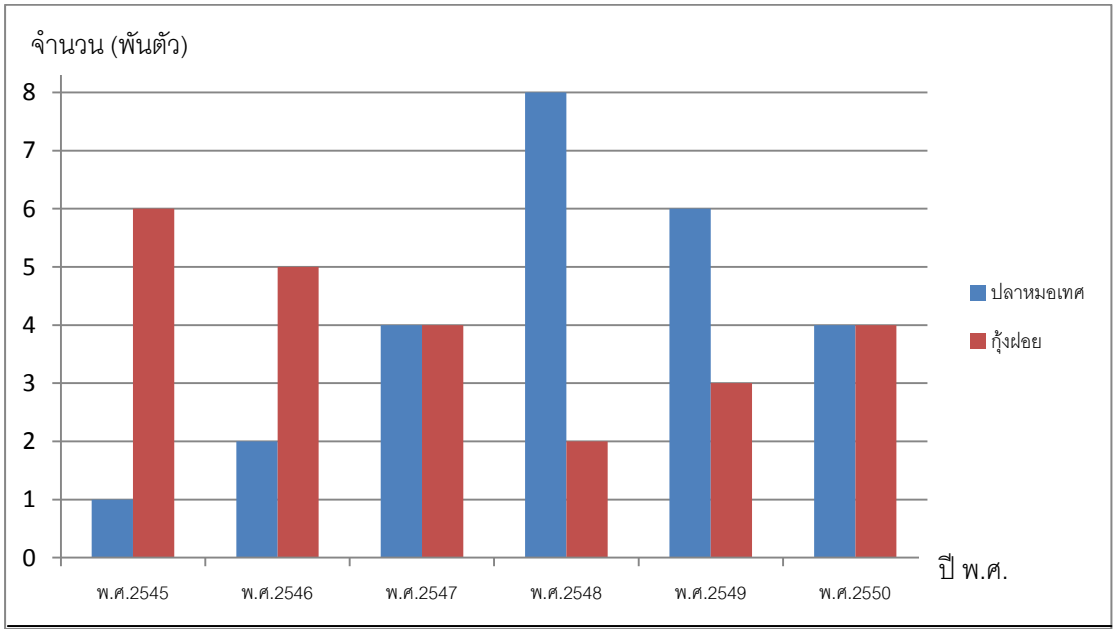
1. ช่วงเวลาใดที่ รถ B เคลื่อนที่ได้เร็วกว่า รถ A

ตอบ .....

2. ถ้าเวลาผ่านไป 25 วินาที รถคันใดจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่ากัน และเร็วกว่ากันเท่าใด

ตอบ .....

แผนภูมิแสดงจำนวนปลาหมอเทศและกุ้งฝอย บริเวณแม่น้ำแห่งหนึ่งระหว่างปี2545 – 2550



จากแผนภูมิข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 11

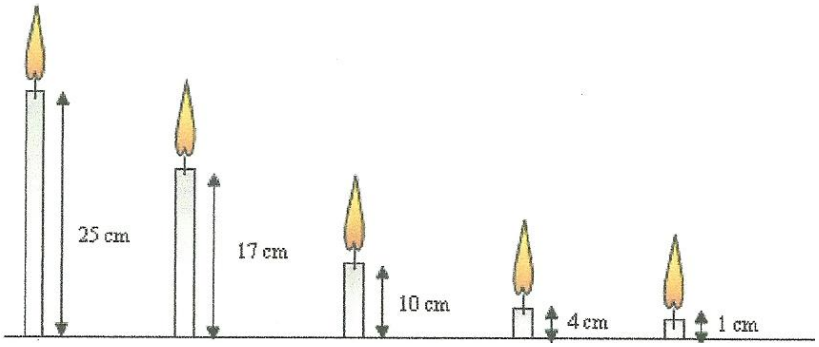
3. จำนวนกุ้งฝอยในปี พ.ศ. 2548 – 2550 มีจำนวนเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างไร

ตอบ .....

ตอนที่ 2 แบบวัดทักษะฯ แบบเลือกตอบ (ตัวอย่าง)

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

ภาพแสดงการสังเกตความสูงของแท่งเทียนเมื่อจุดเทียนในเวลาต่าง ๆ กัน



เทียนเมื่อเริ่มจุด | เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง | เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง | เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง | เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง

4. จากภาพแสดงการสังเกตความสูงของแท่งเทียนข้างต้น ข้อใดสรุปความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง

ก. เวลาแปรผันตรงกับความสูงของเทียนไข

ข. อัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงของเทียนไขลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

ค. อัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงของเทียนไขเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

ง. ความสูงของไส้เทียนมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลความสูงของเทียนไข

ตารางแสดงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของพืช 4 ชนิด

ชนิดของพืช	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	
	20 °C	35 °C
A	10	30
B	15	40
C	20	50
D	50	20

5. ข้อใดอธิบายความหมายของข้อมูลในตารางข้างต้น ได้ดีที่สุด

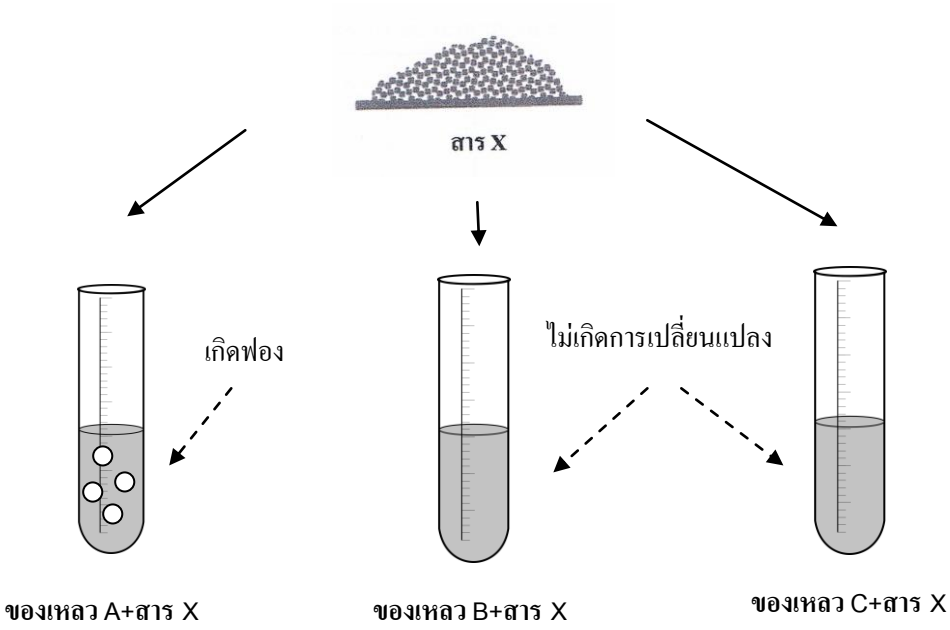
ก. พืช A ควรปลูกในเขตร้อน พืช D ควรปลูกในเขตเย็น

ข. พืช C ควรปลูกในเขตร้อน พืช D ควรปลูกในเขตเย็น

ค. พืช D ควรปลูกในเขตร้อน พืช A ควรปลูกในเขตเย็น

ง. พืช D ควรปลูกในเขตร้อน พืช C ควรปลูกในเขตเย็น

แผนภาพแสดงการทดลองการใส่สาร X ลงในของเหลว A, B และ C



6. จากแผนภาพข้างต้น ข้อความใดสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ดีที่สุด

ก. ของเหลว A และ C เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน

ข. ของเหลว A และ B เป็นของเหลวต่างชนิดกัน

ค. ของเหลว B และ C เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน

ง. ของเหลว A, B และ C เป็นของเหลวชนิดเดียวกันทั้งหมด

7. จากสมการ $m = \frac{y'}{y}$ เมื่อ m = กำลังขยาย y' = ขนาดภาพ y = ขนาดวัตถุ

ถ้า m = 0.5 ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ของขนาดภาพและวัตถุได้ถูกต้อง

ก. ขนาดภาพใหญ่กว่าขนาดวัตถุ

ข. ขนาดภาพเล็กกว่าขนาดวัตถุ

ค. ขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ

ง. ไม่สามารถสรุปได้

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน 4EX2
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2
เรื่องที่ 1 กฎการสะท้อนของแสง

รายวิชาพื้นฐาน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**

มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 **ม.** 2/1 ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ออกแบบการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ และมุมสะท้อน เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงได้
2. ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ และมุมสะท้อน เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงได้
3. เขียนแผนภาพแสดงกฎการสะท้อนของแสงได้
4. สรุปกฎการสะท้อนของแสงจากการทดลองได้
5. ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงได้

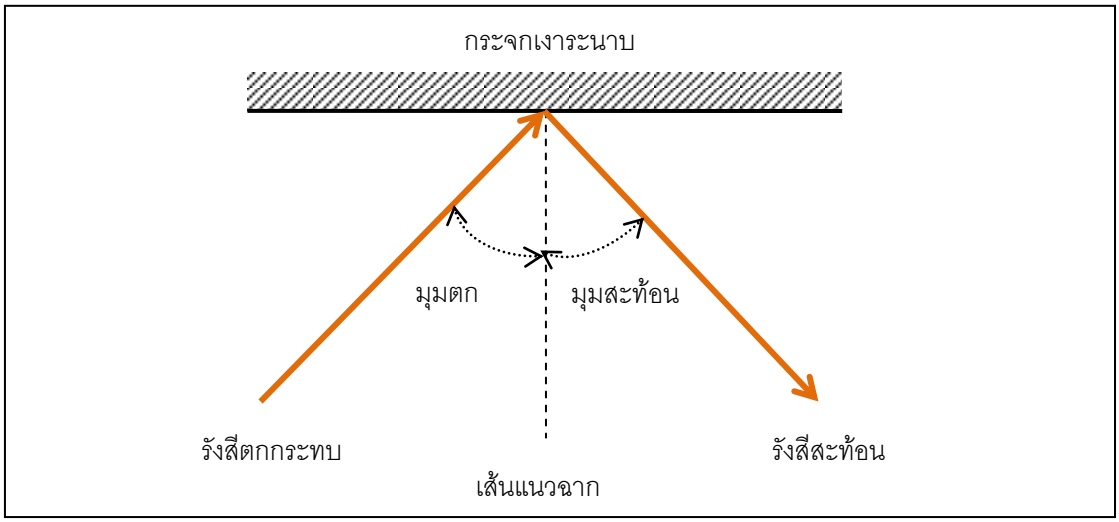
สาระ

แสงเดินทางเป็นเส้นตรงออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทุกทาง สามารถเขียนสัญลักษณ์แทนได้ด้วยเส้นตรงรวมหัวลูกศร เรียกว่า รังสีของแสง แสงทำให้เกิดการมองเห็น

การมองเห็นวัตถุแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ และการมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ การมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ เช่น กองไฟ หิ่งห้อย เปลวเทียน เนื่องจากแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าสู่ตาโดยตรง แต่ถ้าเป็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ เช่น ต้นไม้ แมว ดวงจันทร์ จะต้องมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปตกกระทบวัตถุเหล่านั้น แล้วสะท้อนเข้าสู่ตา

การสะท้อนของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางไปตกกระทบผิวสะท้อน แล้วสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม เช่น การเคลื่อนที่ของแสงจากอากาศไปตกกระทบผิวโลหะแล้วสะท้อนกลับมายังอากาศ ลักษณะการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนเสมอ ซึ่งมี 2 ข้อ ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ



<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (15 นาที)

1. ครูตรวจสอบความรู้เดิม เรื่อง แสง ที่นักเรียนได้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการให้นักเรียนตอบคำถามข้อที่ 1 ในแบบประเมินหน้าที่ 1 ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 คำถามตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับแสง

1.1 เด็กชายจริงใจลองนำหลอดดูดแบบงอได้ ส่องดูแสงเทียนตรงๆ พบว่า เห็นแสงจากเปลวเทียน แต่เมื่อลองบิดหลอดให้โค้งงอ ปรากฏว่า ไม่เห็นแสงจากเปลวเทียน เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เพราะแสงเดินทางเป็นเส้นตรง)

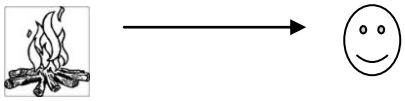
1.2 จงยกตัวอย่างวัตถุที่เปล่งแสงได้ และเปล่งแสงไม่ได้ มาอย่างละ 3 ชนิด

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : วัตถุที่เปล่งแสงได้ เช่น ดวงอาทิตย์ หิ่งห้อย เปลวเทียน วัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ เช่น ดวงจันทร์ แมว ต้นไม้)

คำถามข้อที่ 1 (ต่อ) คำถามตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับแสง

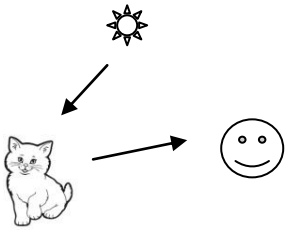
1.3 นักเรียนสามารถมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ ได้อย่างไร จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แสงจากวัตถุเคลื่อนที่เข้าสู่ตา



1.4 นักเรียนสามารถมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ ได้อย่างไร จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา



1.5 ถ้าแบ่งวัตถุตามการผ่านได้ของแสงจะแบ่งได้เป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : 3 ชนิด ได้แก่ ตัวกลางโปร่งใส ตัวกลางโปร่งแสง และวัตถุทึบ แสง)

1.6 เมื่อแสงเดินทางไปกระทบตัวกั้น เช่น เดินทางจากอากาศไปตกกระทบโลหะ จะเกิดอะไรขึ้น จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แสงจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางทึบแสงได้ แต่จะเกิดการสะท้อนกลับมาในตัวกลางเดิม

2. เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจให้คะแนนและเฉลยคำตอบ

3. ครูให้นักเรียนรวมคะแนน และสรุปผลการตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง ดังนี้

3.1 สิ่งที่เข้าใจถูกเกี่ยวกับแสง

3.2 สิ่งที่เข้าใจผิดเกี่ยวกับแสง

4. ครูวางตุ๊กตารูปนักเรียนชาย และนักเรียนหญิง ขนาด 12 นิ้ว ที่มุมซ้าย และมุมขวาบนโต๊ะสาธิตหน้าชั้นเรียน โดยวางฉากกั้นขนาด 12X14 นิ้ว ตรงกลางระหว่างตุ๊กตาทั้งสอง จากนั้นถามว่า “สมมติให้ตุ๊กตาแทนนักเรียน ถ้านักเรียนชายคิดถึงอยากเห็นนักเรียนหญิงแต่ระหว่างนักเรียนทั้งสองมีฉากกั้นอยู่จะทำอย่างไรดี”

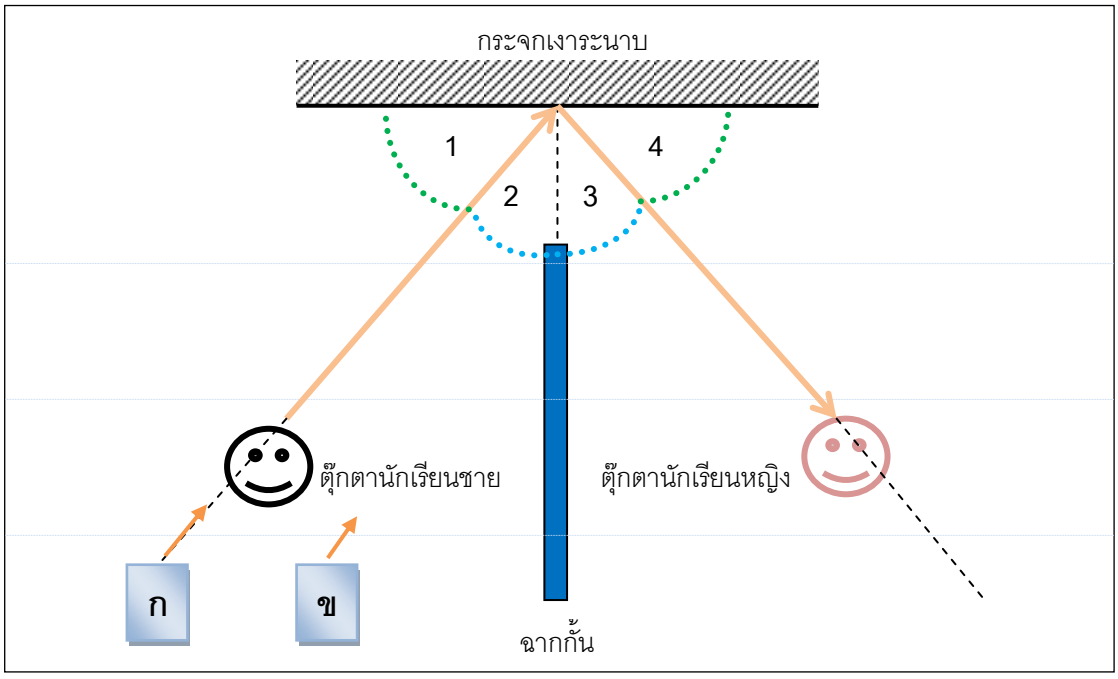
(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ใช้กระจกเงาระนาบวางระหว่างนักเรียนทั้งสองคน โดยวางตั้งฉากกับโต๊ะสาธิต และฉากกั้น)

5. ครูให้ตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน โดยให้คนหนึ่งยืนข้างโต๊ะในตำแหน่งใกล้ตุ๊กตานักเรียนชาย และอีกคนหนึ่งเป็นคนถือกระจก ซึ่งมีหน้าที่ขยับเข้าออกตามคำสั่งของเพื่อนจนกว่านักเรียนที่ยืนในตำแหน่งตุ๊กตานักเรียนชายจะอยู่ในตำแหน่งที่เห็นตุ๊กตานักเรียนหญิง

6. ครูให้นักเรียนที่ยืนในตำแหน่งตุ๊กตานักเรียนชายใช้ไฟฉายส่องขนานกับพื้นโต๊ะไปที่กระจกให้แสงตกกระทบบริเวณกึ่งกลางกระจก จะเกิดแสงสะท้อนไปยังตุ๊กตานักเรียนหญิง จากนั้นครูถามว่า “ทำไมแสงจากไฟฉายจึงปรากฏที่ตุ๊กตานักเรียนหญิง”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เกิดจากการสะท้อนของแสงผ่านกระจกเงาระนาบ)

7. ครูวาดภาพจำลองตำแหน่งของตุ๊กตานักเรียน ตำแหน่งของกระจกเงาระนาบ ตำแหน่งของฉากกั้น แนวลำแสงตกกระทบ และแนวลำแสงสะท้อนจากไฟฉายบนกระดาน ดังภาพ แล้วถามคำถาม ดังนี้



7.1 “นักเรียนคิดว่า มุม 1 มุม 2 มุม 3 และมุม 4 เกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มี/ไม่มี)

7.2 “ถ้าเลื่อนไฟฉายจากตำแหน่งตุ๊กตานักเรียนชายมาที่ตำแหน่ง ก โดยให้ไฟฉายอยู่ในแนวเดิม แสงจากไฟฉายจะปรากฏที่ตุ๊กตานักเรียนหญิงหรือไม่ เพราะเหตุใด

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ปรากฏ เพราะแสงยังอยู่ในแนวเดิม)

7.3 “เมื่อเลื่อนไฟฉายไปที่ตำแหน่ง ก มุม 1 มุม 2 มุม 3 และมุม 4 มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ไม่มี มุมทุกมุมมีขนาดเท่าเดิม)

7.4 “ถ้าเลื่อนไฟฉายจากตำแหน่งตุ๊กตานักเรียนชายมาที่ตำแหน่ง ข โดยให้ไฟฉายขนานกับพื้นโต๊ะ และให้แสงตกกระทบบริเวณจุดกึ่งกลางของกระจก แสงจากไฟฉายจะปรากฏที่ตุ๊กตานักเรียนหญิงหรือไม่ เพราะเหตุใด”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ไม่ปรากฏ เพราะแสงไม่ได้อยู่ในแนวเดิม)

7.5 “เมื่อเลื่อนไฟฉายไปที่ตำแหน่ง ข มุม 1 มุม 2 มุม 3 และมุม 4 มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มี มุม 2 และมุม 3 มีขนาดเล็กลง แต่มุม 1 และมุม 4 มีขนาดใหญ่ขึ้น)

7.6 “อะไรบ้างที่มีผลต่อการสะท้อนของแสง”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แนวลำแสงตกกระทบ มุมของแสงตกกระทบ)

7.7 “นักเรียนจะตั้งปัญหาเพื่อศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างไร” ครูให้นักเรียนทุกคนตั้งปัญหาโดยการเขียนในข้อที่ 2 ของแบบประเมินหน้าที่ 2

8. เมื่อนักเรียนเขียนเสร็จแล้ว สุ่มนักเรียน 2-3 คน นำเสนอปัญหาที่ตั้งขึ้น โดยครูเขียนปัญหาของนักเรียนบนกระดาน

9. ครูถามนักเรียนว่า “มีใครตั้งปัญหาที่แตกต่างจากเพื่อนบ้าง” ครูให้นักเรียนยกมือ ลุกขึ้นตอบ และครูเขียนปัญหาของนักเรียนบนกระดาน

10. ครูและนักเรียนช่วยกันคัดเลือกปัญหาที่นักเรียนตั้งขึ้นให้เหลือ 1 ปัญหา โดยครูแจ้งเกณฑ์ในการพิจารณาให้นักเรียนทราบ ดังนี้

10.1 ปัญหาที่ตั้งขึ้นเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงหรือไม่

10.2 ปัญหาที่ตั้งขึ้นนำไปสู่การรวบรวมหลักฐานหรือการทดลองเพื่อสร้างคำตอบหรือไม่

(ตัวอย่างปัญหาสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

- แนวลำแสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กับแนวลำแสงสะท้อนและมุมต่างๆ อย่างไร

- แนวลำแสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กับมุมต่างๆ อย่างไร

- มุมต่างๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร)

11. ครูพิจาณาปัญหาที่ตั้งขึ้นว่าสามารถใช้ดำเนินการสอนในขั้นต่อไปได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้ดำเนินการสอนในขั้นต่อไปได้ ครูต้องแนะนำให้นักเรียนตั้งปัญหาใหม่ หรือช่วยปรับให้เหมาะสม

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (45 นาที)

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6-8 คน จากนั้นให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อออกแบบการทดลอง โดยให้เขียนลงในบทปฏิบัติการทดลองด้วยดินสอ ครูเดินสังเกตการทำงานของนักเรียน และคอยให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนสงสัย

3. เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มออกแบบการทดลองเสร็จแล้ว สุ่มนักเรียนจำนวน 2-3 กลุ่ม ที่ออกแบบการทดลองแตกต่างกัน ออกมานำเสนอผลการออกแบบ กลุ่มละ 2 คน โดยคนหนึ่งทำหน้าที่เขียนบนกระดาน และอีกคนหนึ่งมีหน้าที่นำเสนอ ในประเด็นต่อไปนี้

3.1 ปัญหาการทดลอง

3.2 จุดประสงค์การทดลอง

3.3 สมมติฐานการทดลอง

3.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

3.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง

4. ครูถามนักเรียนว่า “มีกลุ่มใดออกแบบการทดลองต่างจากเพื่อนบ้าง” ถ้ามีให้ออกมานำเสนอเพิ่มเติม ถ้าไม่มี ครูและนักเรียนช่วยกันคัดเลือกวิธีการทดลองที่นักเรียนออกแบบให้เหลือ 1 วิธี โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

4.1 จุดประสงค์การทดลอง และสมมติฐานการทดลองสอดคล้องกับปัญหาการทดลองหรือไม่

4.2 ขั้นตอนการทดลองละเอียด ชัดเจน และนำสู่ผลการทดลองที่ตรงกับปัญหาการทดลองหรือไม่

4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่ต้องการเก็บรวบรวมเพื่อหาคำตอบของปัญหาการทดลองหรือไม่

ถ้ามีข้อใดไม่ผ่านเกณฑ์การพิจารณา ครูและนักเรียนช่วยกันปรับให้เหมาะสม

5. ครูให้นักเรียนปรับบทปฏิบัติการทดลองให้สอดคล้องกับการทดลองที่ร่วมกันคัดเลือก โดยให้เขียนเพิ่มเติมในบทปฏิบัติการทดลอง

6. ครูให้นักเรียนทำการทดลองตามการทดลองที่ร่วมกันคัดเลือก แล้วบันทึกผลการทดลองและตอบคำถามในบทปฏิบัติการทดลอง

7. ครูประเมินการทำการทดลองของนักเรียนในแบบประเมินปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 3 ลงข้อสรุปและอธิบาย (30 นาที)

1. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ท และปากกาเคมีให้กับตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อใช้ในการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง และให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มในการระดมสมองเพื่อเตรียมนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนในประเด็นต่อไปนี้

1.1 แผนภาพแสดงการสะท้อนของแสง

1.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

1.3 สรุปผลการทดลอง

2. ครูเดินสังเกตการทำงานของนักเรียน และคอยให้คำปรึกษา เมื่อนักเรียนสงสัย

3. เมื่อนักเรียนเขียนผลการทดลองในกระดาษฟลิปชาร์ทเสร็จแล้ว ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำกระดาษฟลิปชาร์ทมาติดหน้าชั้นเรียน และเลือกตัวแทนนักเรียนจำนวน 2-3 กลุ่ม ที่มีผลการทดลองแตกต่างกันออกมานำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

4. ครูประเมินการนำเสนอผลการทดลอง โดยใช้แบบประเมินผลการทดลอง

5. ครูและนักเรียนอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

5.1 “จากแผนภาพแสดงการสะท้อนของแสงของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ระนาบของแนวลำแสงแต่ละลำและเส้นแนวฉากเป็นอย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แนวลำแสงตกกระทบ แนวลำแสงสะท้อน และเส้นแนวฉากมีความสัมพันธ์กัน โดยแนวลำแสงทั้งสอง และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ)

5.2 “เพราะเหตุใดจึงสรุปเช่นนั้น”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เพราะบางกลุ่มฉายแนวลำแสงตกกระทบในแนวดิ่ง รังสีสะท้อนก็จะอยู่ในแนวดิ่ง บางกลุ่มฉายรังสีตกกระทบในแนวราบ รังสีสะท้อนก็จะอยู่ในแนวราบ ส่วนเส้นแนวฉากอยู่ระหว่างแนวลำแสงตกกระทบ และแนวลำแสงสะท้อน ดังนั้น เส้นทั้งสามจึงอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ)

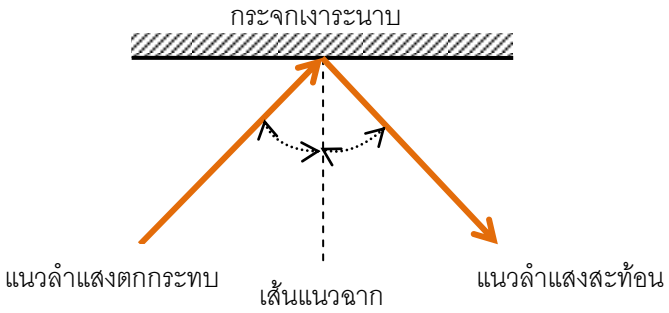
5.3 “จากผลการทดลองมุมคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันบ้าง จงอธิบาย”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มุมของแนวลำแสงตกกระทบกับกระจกเงาระนาบมีขนาดเท่ากับมุมของแนวลำแสงสะท้อนกับกระจกเงาระนาบ และมุมของแนวลำแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉากมีขนาดเท่ากับมุมของแนวลำแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉาก)

5.4 “นักเรียนจะสรุปผลการทดลองอย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แนวลำแสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กับแนวลำแสงสะท้อน และมุมต่างๆ กล่าวคือ เมื่อแนวลำแสงตกกระทบเปลี่ยนจะทำให้แนวลำแสงสะท้อน และมุมต่างๆ เปลี่ยน โดยมุมของแสงตกกระทบกับกระจกเงาระนาบมีขนาดเท่ากับมุมของแสงสะท้อนกับกระจกเงาระนาบ และมุมของแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉากมีขนาดเท่ามุมของแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉาก)

6. ครูเลือกแผนภาพการสะท้อนของแสงของกลุ่มที่ถูกต้อง และอธิบายดังนี้



“แผนภาพนี้เรียกว่าแผนภาพแสดงการสะท้อนของแสง เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน นักวิทยาศาสตร์ จึงนิยามศัพท์เฉพาะของส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- แนวลำแสงตกกระทบ ที่เขียนแทนด้วยลูกศรพุ่งเข้าหากระจก เรียกว่า รังสีตกกระทบ
- แนวลำแสงสะท้อน ที่เขียนแทนด้วยลูกศรพุ่งออกจากกระจก เรียกว่ารังสีสะท้อน
- เส้นประที่ลากตั้งฉากกับกระจก ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ เรียกว่าเส้นแนวฉาก
- มุมระหว่างรังสีตกกระทบกับเส้นแนวฉาก เรียกว่า มุมตกกระทบ
- มุมระหว่างรังสีสะท้อนกับเส้นแนวฉาก เรียกว่ามุมสะท้อน

จากผลการทดลองนักเรียนจะเห็นว่ารังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบมีขนาดเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปเป็นกฎการสะท้อนของแสง ซึ่งมี 2 ข้อ ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ”

7. ครูให้แต่ละคนนักเรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ลงในแบบประเมินข้อที่ 3 ดังนี้

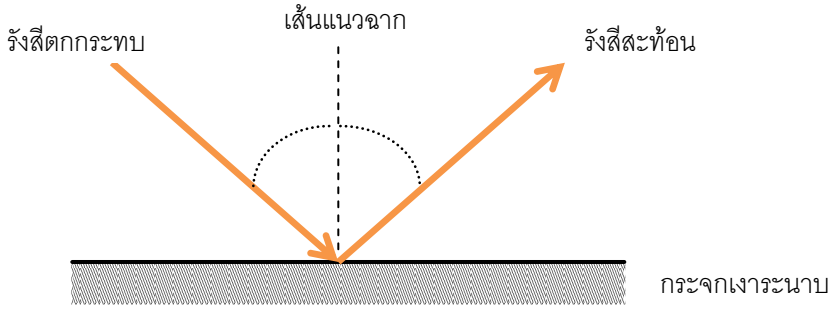
คำถามข้อที่ 3 สิ่งที่ได้เรียนรู้หลังจากเรียนเรื่องกฎการสะท้อนของแสงแล้ว

3.1 สิ่งที่ฉันรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสง มีดังนี้

(แนวการตอบของนักเรียน : การสะท้อนของแสงทำให้เรามองเห็นสิ่งต่างๆ โดยการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสงเสมอ ซึ่งมี 2 ข้อ คือ 1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน และ 2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ)

3.2 แผนภาพการสะท้อนของแสงเป็นดังนี้

แนวการตอบของนักเรียน :



3.3 สิ่งที่เข้าใจผิด แล้วเข้าใจเพิ่มขึ้น มีดังนี้

.....

8. เมื่อนักเรียนเขียนเสร็จแล้ว สุ่มตัวแทนนักเรียน 2-3 คน นำเสนอสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ จากนั้นครูและนักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปราย ในประเด็นต่อไปนี้

8.1 สาระที่ได้เรียนรู้ในวันนี้คืออะไร

8.2 กฎการสะท้อนของแสงมีกี่ข้อ อะไรบ้าง

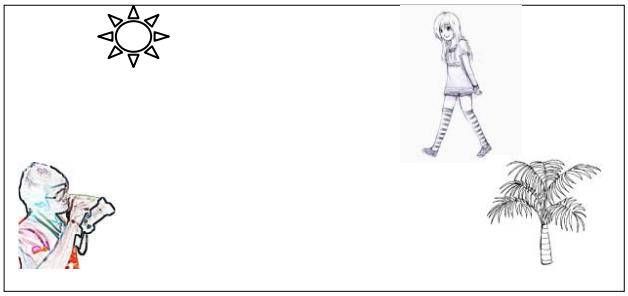
9. ครูประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการนำเสนอสิ่งที่บันทึกในแบบประเมิน โดยการสังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

ขั้นที่ 4 ขยายความคิด (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในแบบประเมินข้อที่ 4 ดังนี้

คำถามข้อที่ 4 การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการสะท้อนของแสง

4.1 ถ้านักเรียนเป็นผู้ถือแผ่นสะท้อนแสงของกองถ่ายภาพนิตยสารชื่อดังฉบับหนึ่ง นักเรียนจะยืนในตำแหน่งใด และจัดแนวแผ่นสะท้อนแสงอย่างไร เพื่อให้แสงส่องไปยังนางแบบมากที่สุด เมื่อดวงอาทิตย์ และนางแบบอยู่ในตำแหน่ง ดังภาพ จงวาดภาพแสดงตำแหน่ง แนวแผ่นสะท้อนแสง และแนวรังสีของแสง ประกอบคำอธิบาย



คำอธิบาย.....

4.2 จงยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องกฎการสะท้อนของแสงประกอบคำอธิบายอย่างน้อย 2 ข้อ

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : กฎการสะท้อนของแสงทำให้เราทราบว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังนั้น จึงนำหลักการนี้ไปใช้ในการปรับกระจกรถเพื่อให้เห็นรถข้างหลังได้ ใช้ในการสะท้อนแสงเพื่อเป็นการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ เป็นต้น)

2. เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จแล้ว สุ่มตัวแทนนักเรียน 2-3 คน นำเสนอคำตอบ จากนั้นครูและนักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ในประเด็นต่อไปนี้

2.1 วิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูกำหนด

2.2 การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องกฎการสะท้อนของแสง

3. ครูประเมินความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง จากการนำเสนอสิ่งที่บันทึกในแบบประเมิน โดยการสังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

สื่อการเรียนรู้

1. วัสดุ อุปกรณ์ที่อาจใช้ในกิจกรรมการทดลอง จำนวน 7 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย

- ไฟฉายพร้อมถ่าน	1	กระบอก
- กระดาษแข็งขนาด 5″x5″	1	แผ่น
- สก๊อตเทปใส	1	ม้วน
- กรรไกร	1	อัน
- กระจกเงาระนาบ	1	แผ่น
- กระดาษขาว	4	แผ่น
- ดินน้ำมัน	1	ก้อน
- ไม้โพรแทกเตอร์	1	อัน
- ปากกาเคมี	3	แท่ง
- กระดาษฟลิปชาร์ท	1	แผ่น
- ตุ๊กตาขนาด 3 นิ้ว	2	ตัว

2. เอกสารประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

- แบบประเมิน เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง
- บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนแสง

3. สื่ออื่นๆ

- ตุ๊กตานักเรียนชายขนาด 12 นิ้ว	1	ตัว
- ตุ๊กตานักเรียนหญิงขนาด 12 นิ้ว	1	ตัว
- ฉากกั้นแบบตั้งได้ขนาด 12X14 นิ้ว	1	อัน

การประเมินการเรียนรู้

1. ข้อมูลจากการตอบคำถามในแบบประเมิน

2. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน การถามตอบ และการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

3. การออกแบบการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง ในบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

4. การนำเสนอผลการทดลองด้วยกระดาษฟลิปชาร์ท และการนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

ตาราง สรุป การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด และการประเมินในแต่ละขั้นของแผนการจัดการเรียนรู้ 4EX2 เรื่องกฎการสะท้อนของแสง

ขั้นตอนการกิจกรรมการเรียนรู้ ตามรูปแบบ 4EX2	การสะท้อนความคิดอย่างรู้คิด	การประเมิน
1. **ขั้นสร้างความสนใจ**	- การตรวจสอบความรู้เดิม โดยการตอบคำถามข้อที่ 1 ในแบบประเมิน - การเขียนสิ่งที่สงสัย โดยการตั้งปัญหาเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง	- ความถูกต้องของความรู้เดิม จากคำตอบในแบบประเมิน - ความเหมาะสมของปัญหาว่า เป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่
2. **ขั้นสำรวจและค้นหา**	- การออกแบบการทดลอง - การปฏิบัติการทดลอง	- ความถูกต้องของการทดลองที่ออกแบบว่าสอดคล้องกับปัญหาการทดลอง ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถทำการทดลองได้จริงหรือไม่ จากการนำเสนอการทดลองที่ออกแบบ และการเขียนในบทปฏิบัติการทดลอง - ประเมินจากการทำการทดลอง
3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**	- การนำเสนอผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง - การเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ในแบบประเมิน	- ความถูกต้องของผลการทดลอง และข้อสรุปจากการนำเสนอผลการทดลองและบทปฏิบัติการทดลอง - ความถูกต้องของสิ่งที่ได้เรียนรู้จากคำตอบในแบบประเมิน
4. **ขั้นขยายความคิด**	- การตอบคำถามในสถานการณ์ที่ครูกำหนด - การยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้	- ความถูกต้องของการตอบคำถามในสถานการณ์ที่ครูกำหนด - จำนวนตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้

แบบประเมิน เรื่อง การเกิดภาพบนวัตถุสะท้อนผิวราบ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำถามข้อที่ 1 คำถามตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับแสง

1.1 เด็กชายจริงใจลองนำหลอดดูดแบบงอได้ ส่องดูแสงเทียนตรงๆ พบว่า เห็นแสงจากเปลวเทียน แต่เมื่อลองบิดหลอดให้โค้งงอ ปรากฏว่า ไม่เห็นแสงจากเปลวเทียน เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ .....

.....

1.2 จงยกตัวอย่างวัตถุที่เปล่งแสงได้ และเปล่งแสงไม่ได้ มาอย่างละ 3 ชนิด

ตอบ .....

.....

1.3 นักเรียนสามารถมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ ได้อย่างไร จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

1.4 นักเรียนสามารถมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ ได้อย่างไร จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

1.5 ตัวกลางของแสงมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ .....

.....

1.6 เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน เช่น เดินทางจากอากาศไปตกกระทบโลหะจะเกิดอะไรขึ้น จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

สรุปผลการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

สิ่งที่เข้าใจถูกเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสง	**สิ่งที่เข้าใจผิดเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสง**

คำถามข้อที่ 2 ปัญหาที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

2. ปัญหาที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง มีดังนี้

ตอบ.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 3 สิ่งที่ได้เรียนรู้หลังจากเรียนเรื่องกฎการสะท้อนของแสงแล้ว

3.1 สิ่งที่ฉันรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสง มีดังนี้

ตอบ.....

.....

.....

3.2 แผนภาพการสะท้อนของแสงเป็นดังนี้

ตอบ.....

.....

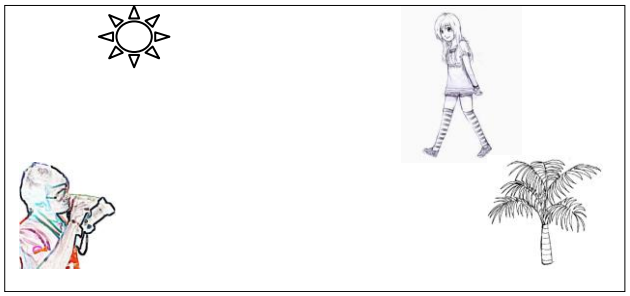
3.3 สิ่งที่เข้าใจผิด แล้วเข้าใจเพิ่มขึ้น มีดังนี้

ตอบ.....

.....

คำถามข้อที่ 4 การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการสะท้อนของแสง

4.1 ถ้านักเรียนเป็นผู้ถือแผ่นสะท้อนแสงของกองถ่ายภาพนิตยสารชื่อดังฉบับหนึ่ง นักเรียนจะยืนในตำแหน่งใด และจัดแนวแผ่นสะท้อนแสงอย่างไร เพื่อให้แสงส่องไปยังนางแบบมากที่สุด เมื่อพระอาทิตย์ และนางแบบอยู่ในตำแหน่ง ดังภาพ จงวาดภาพแสดงตำแหน่ง แนวแผ่นสะท้อนแสง และแนวรังสีของแสง ประกอบคำอธิบาย



คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

4.2 จงยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องกฎการสะท้อนของแสงประกอบคำอธิบายอย่างน้อย 2 ข้อ

.....

.....

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

กลุ่ม .....**ชั้น**.....

รายชื่อสมาชิก

1.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

2.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

3.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

4.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

5.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

6.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

7.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

8.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

คำถามก่อนการทดลอง

1. ปัญหาการทดลองนี้ คืออะไร

ตอบ .....

.....

2. จุดประสงค์การทดลองนี้ คืออะไร

ตอบ .....

.....

3. สมมติฐานการทดลอง คืออะไร

ตอบ .....

.....

วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนภาพการสะท้อนของแสง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

1. ตำแหน่งของแสงตกกระทบมีผลต่อตำแหน่งของแสงสะท้อนหรือไม่ อย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

2. ตำแหน่งของแสงตกกระทบมีผลต่อมุมต่างๆ หรือไม่ อย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินการนำเสนอผลการทดลอง
เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

กลุ่มที่ได้รับการประเมิน ……**ชั้น** ……..

รายการประเมิน		**ระดับคะแนน/ระดับคุณภาพ**			**ผลการประเมิน**
		3 / ดีที่สุด	**2 / ดี**	**1 / ควรปรับปรุง**	
การนำเสนอโดยกระดาษฟลิปชาร์ท	1. **ความสมบูรณ์**	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทครบทุกประเด็นที่ครูแนะนำ	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทไม่ครบทุกประเด็นที่ครูแนะนำ	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทไม่ตรงกับประเด็นที่ครูแนะนำ	
	2. **ความถูกต้อง**	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทมีความถูกต้องทั้งหมด	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทส่วนใหญ่ถูกต้อง	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ทไม่ถูกต้อง	
	3. **ความสะอาดเรียบร้อย**	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ท เขียนด้วยความสะอาดเรียบร้อย	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ท ส่วนใหญ่สะอาด เรียบร้อย	ข้อมูลบนกระดาษฟลิปชาร์ท ไม่สะอาด ไม่เรียบร้อย	
การนำเสนอโดยการพูดหน้าชั้นเรียน	1. **ความสมบูรณ์**	อธิบายผลการทดลองครบทุกประเด็นที่ครูแนะนำ	อธิบายผลการทดลองไม่ครบทุกประเด็นที่ครูแนะนำ	อธิบายผลการทดลองไม่ตรงกับประเด็นที่ครูแนะนำ	
	2. **ความถูกต้อง**	นำเสนอผลการทดลองได้ถูกต้อง	นำเสนอผลการทดลองส่วนใหญ่ถูกต้อง	นำเสนอผลการทดลองไม่ถูกต้อง	
	3. **การตอบคำถาม**	ตอบคำถามทุกคำถามได้ถูกต้องและมีคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	ตอบคำถามส่วนใหญ่คำถามได้ถูกต้องและมีคำอธิบายที่สมเหตุสมผลบ้าง	ตอบคำถามได้ถูกต้องบ้าง และมีคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	
รวมคะแนน					

ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)
(นางสาวธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ…….

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ
เรื่องที่ 1 กฎการสะท้อนของแสง

รายวิชาพื้นฐาน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**

มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 **ม.** 2/1 ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ และมุมสะท้อน เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงได้
2. สรุปกฎการสะท้อนของแสงจากการทดลองได้
3. เขียนแผนภาพแสดงกฎการสะท้อนของแสงได้
4. ยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องกฎการสะท้อนของแสงไปใช้ประโยชน์ได้

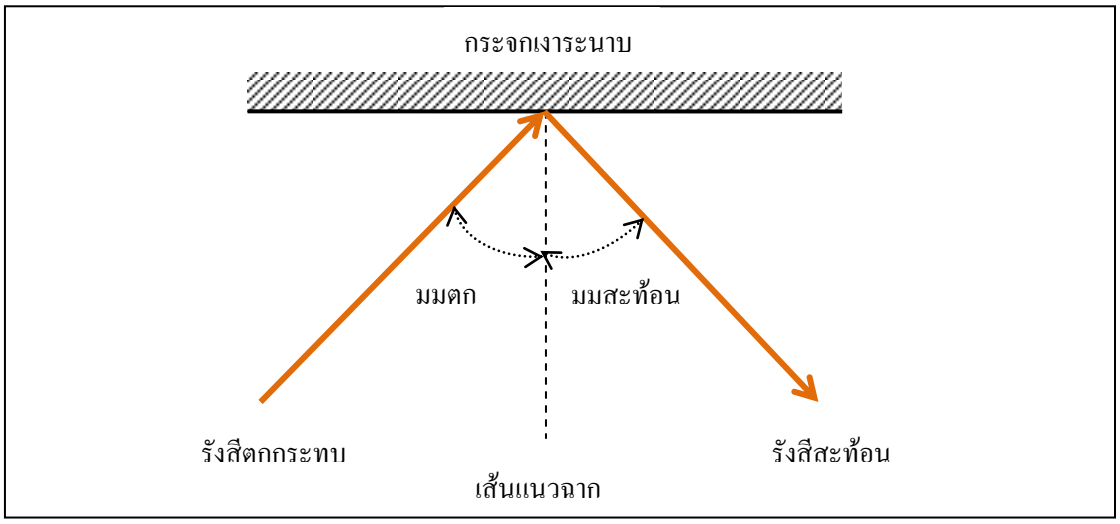
สาระ

แสงเดินทางเป็นเส้นตรงออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทุกทาง สามารถเขียนสัญลักษณ์แทนได้ด้วยเส้นตรง และหัวลูกศร เรียกว่า รังสีของแสง แสงทำให้เกิดการมองเห็น

การมองเห็นวัตถุแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ และการมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ การมองเห็นวัตถุที่เปล่งแสงได้ เช่น กองไฟ หิ่งห้อย เปลวเทียน เนื่องจากแสงจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตาโดยตรง แต่ถ้าเป็นวัตถุที่เปล่งแสงไม่ได้ เช่น ต้นไม้ แมว ดวงจันทร์ จะต้องมีแสงจากแหล่งกำเนิดไปตกกระทบวัตถุเหล่านั้น แล้วสะท้อนเข้าสู่ตา

การสะท้อนของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางไปตกกระทบผิวสะท้อน แล้วสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม เช่น การเคลื่อนที่ของแสงจากอากาศไปตกกระทบผิวโลหะแล้วสะท้อนกลับมายังอากาศ ลักษณะการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนเสมอ ซึ่งมี 2 ข้อ ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ



<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ (15 นาที)

1. ครูนำกระจกใส กระจกฝ้า และกระจกเงาระนาบ ขนาด 12'x12'วางตั้งบนโต๊ะสาธิตหน้าชั้นเรียน แล้วถามนักเรียนว่า "นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น เมื่อฉายแสงผ่านกระจกทั้ง 3"

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : แสงผ่านกระจกใส และกระจกฝ้าได้ แต่ไม่สามารถผ่านกระจกเงาระนาบได้)

2. ครูให้ตัวแทนนักเรียน 3 คน ส่องไฟฉายไปที่กระจกทั้ง 3 พร้อมกัน แล้วถามนักเรียนดังนี้

2.1 "ผลจากการส่องไฟฉายเหมือนหรือต่างจากที่นักเรียนคิดหรือไม่ อย่างไร"

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เหมือน คือ แสงสามารถผ่านกระจกใส และกระจกฝ้าได้ แต่ไม่สามารถผ่านกระจกเงาระนาบได้)

2.2 ปริมาณแสงที่ผ่านกระจกทั้ง 3 เท่ากันหรือไม่ อย่างไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ไม่เท่ากัน แสงสามารถผ่านกระจกใสได้ทั้งหมด ผ่านกระจกฝ้าได้บางส่วน และไม่สามารถผ่านกระจกเงาระนาบได้)

2.3 ถ้าแบ่งตัวกลางตามปริมาณที่แสงผ่านได้ จะแบ่งได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : 3 ชนิด ได้แก่ ตัวกลางโปร่งใส ตัวกลางโปร่งแสง และตัวกลางทึบแสง)

3. ครูให้ตัวแทนนักเรียนเก็บกระจกใส และกระจกฝ้า แล้วกลับมานั่งที่

4. ครูให้ตัวแทนนักเรียนส่องไฟฉายไปที่กระจกเงาระนาบในแนวตรง แนวเฉียงลง และแนวเฉียงขึ้น ให้นักเรียนสังเกตแสงสะท้อน แล้วถามนักเรียนว่า “ตำแหน่งของแสงตกกระทบมีผลต่อตำแหน่งของแสงสะท้อนหรือไม่ อย่างไร”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มีผล เมื่อแสงตกกระทบอยู่ในแนวตรง แสงสะท้อนจะอยู่แนวตรง เมื่อแสงตกกระทบอยู่ในแนวเฉียงลง แสงสะท้อนจะอยู่ในแนวเฉียงขึ้น และเมื่อแสงตกกระทบอยู่ในแนวเฉียงขึ้น แสงสะท้อนจะอยู่ในแนวเฉียงลง)

5. ครูกล่าวกับนักเรียนว่า “วันนี้เราจะมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ และมุมสะท้อน เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงกัน”

ขั้นที่ 2 ขั้นสอน (50 นาที)

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน

2. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับอุปกรณ์การทดลอง และบทปฏิบัติการทดลองที่ 1 เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

3. ครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาบทปฏิบัติการทดลอง โดยครูถามนักเรียน ดังนี้

3.1 การทดลองนี้มีจุดประสงค์อะไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เพื่อให้สามารถทำการทดลอง และสรุปผลการทดลอง เรื่อง การสะท้อนของแสงได้ และบอกความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ และมุมสะท้อนได้)

3.2 ปัญหาการทดลองนี้ คืออะไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มุมตกกระทบ และมุมสะท้อนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร)

3.3 สมมติฐานการทดลองนี้ควรเป็นอย่างไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มุมตกกระทบมีความสัมพันธ์กับมุมสะท้อน โดยมุมตกกระทบน่าจะเท่ากับมุมสะท้อน)

3.4 การทดลองนี้มีขั้นตอนการทดลองโดยสรุปอย่างไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ฉายแสงตกกระทบจากไฟฉายไปที่กระจกเงาระนาบ บันทึกมุมระหว่างแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉาก และมุมระหว่างแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉาก)

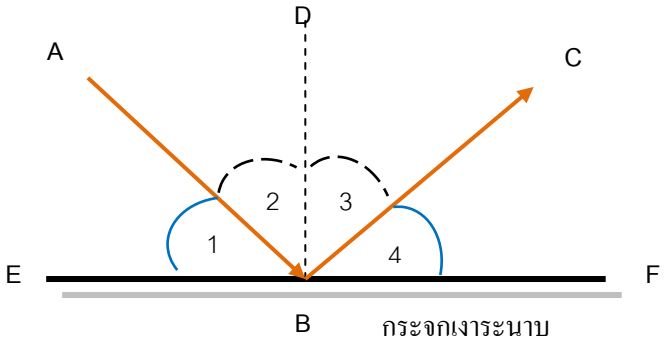
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามบทปฏิบัติการทดลอง และบันทึกผลการทดลองในบทปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป (35 นาที)

1. ครูให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่ม ในการระดมสมองเพื่อเตรียมนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยเขียนตารางบันทึกผลการทดลอง แผนภาพแสดงการสะท้อนของแสง และสรุปผลการทดลองในกระดาษฟลิปชาร์ท

2. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำกระดาษฟลิปชาร์ทมาติดหน้าชั้นเรียน จากนั้นสุ่มตัวแทนนักเรียนจำนวน 3-4 กลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลอง

3. ครูเลือกแผนภาพการสะท้อนของแสงของกลุ่มที่ถูกต้องและอธิบายแผนภาพแสดง ดังนี้



"แผนภาพการสะท้อนของแสงของทุกกลุ่มมีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกัน คือ แนวลำแสงที่ออกจากไฟฉายไปยังกระจก ($\overline{AB}$) เรียกว่า รังสีตกกระทบ แนวลำแสงที่ออกจากกระจก ($\overline{BC}$) เรียกว่ารังสีสะท้อน เส้นประที่ลากตั้งฉากกับกระจกเงาระนาบ ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ ($\overline{BD}$) เรียกว่าเส้นแนวฉาก หรือเส้นปกติ มุมระหว่างรังสีตกกระทบกับเส้นแนวฉาก (มุม 2) เรียกว่า มุมตกกระทบ มุมระหว่างรังสีสะท้อนกับเส้นแนวฉาก (มุม 3) เรียกว่ามุมสะท้อน"

4. ครูและนักเรียนอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

4.1 นักเรียนคิดว่า รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก จำเป็นต้องอยู่ระนาบเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : จำเป็น เพราะจากกิจกรรม เมื่อรังสีตกกระทบอยู่ในแนวดิ่ง รังสีสะท้อนและเส้นแนวฉากก็จะอยู่ในแนวดิ่ง เมื่อรังสีตกกระทบอยู่ในแนวราบ รังสีสะท้อนและเส้นแนวฉากก็จะอยู่ในแนวราบ)

4.2 มุมตกกระทบกับมุมสะท้อนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ)

4.3 นักเรียนสามารถสรุปกฎการสะท้อนของแสงได้อย่างไร

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : กฎการสะท้อนของแสงมี 2 ข้อ คือ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ)

4.4 เหตุใดจึงสรุปเช่นนั้น

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : เพราะจากการทดลองจะเห็นว่ารังสีตกกระทบ รังสะสะท้อน และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบ มีขนาดเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ เช่น เมื่อมุมตกกระทบมีขนาด 60° มุมสะท้อนก็จะมีขนาด 60° มุมตกกระทบเท่ากับ 30° มุมสะท้อนก็จะเท่ากับ 30° เป็นต้น)

5. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงการนำความรู้ที่ได้เรียนในวันนี้ไปใช้ประโยชน์ โดยถามว่า “นักเรียนจะนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง”

(ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน : ใช้ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือเมื่อประสบภัยอยู่ในป่าหรือ กลางทะเล ใช้ในการถ่ายภาพ หรือการแสดง โดยการใช้วัตถุที่สะท้อนแสงรับแสงจากแหล่งกำเนิด เช่น สปอตไลท์ แสงอาทิตย์ แล้วให้แสงส่องไปที่นักแสดง ใช้ในการปรับกระจกรถให้เห็นรถข้างหลัง โดยการปรับมุมให้เหมาะสม)

สื่อการเรียนรู้

1. วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมการทดลอง จำนวน 7 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย

- ไฟฉายพร้อมถ่าน	1	กระบอก
- กระดาษแข็งขนาด 5″x5″	1	แผ่น
- สก๊อตเทปใส	1	ม้วน
- กรรไกร	1	อัน
- กระจกเงาระนาบ	1	แผ่น
- กระดาษขาว	3	แผ่น
- ดินน้ำมัน	1	ก้อน
- ไม้โพรแทกเตอร์	1	อัน
- ปากกาเคมี	3	แท่ง
- กระดาษฟริบชาร์ท	1	แผ่น

2. เอกสารประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

- บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนแสง

การประเมินการเรียนรู้

1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน การถามตอบ และการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

2. การบันทึกผลการทดลอง และการตอบคำถามในบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

3. การนำเสนอผลการทดลองด้วยกระดาษฟริบชาร์ท และการนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

บทปฏิบัติการทดลองที่ 1 เรื่อง กฎการสะท้อนของแสง

กลุ่ม .....**ชั้น**.....

รายชื่อสมาชิก

1.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

2.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

3.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

4.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

5.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

6.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

7.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

8.....เลขที่.....ตำแหน่ง .....

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลอง และสรุปผลการทดลอง เรื่อง กฎการสะท้อนของแสงได้
2. บอกความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ และมุมสะท้อนได้

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวน/กลุ่ม	
1. ไฟฉายพร้อมถ่าน	1	กระบอก
2. กระดาษแข็ง ขนาด 5”x5”	1	แผ่น
3. สก๊อตเทป	1	ม้วน
4. กรรไกร	1	อัน
5. กระจกเงาระนาบ	1	แผ่น
6. กระดาษขาว	3	แผ่น
7. ดินน้ำมัน	1	ก้อน
8. ไม้โพรแทกเตอร์	1	อัน
9. ปากกาเคมี	3	แท่ง

คำถามก่อนการทดลอง

1. ปัญหาการทดลองนี้ คืออะไร

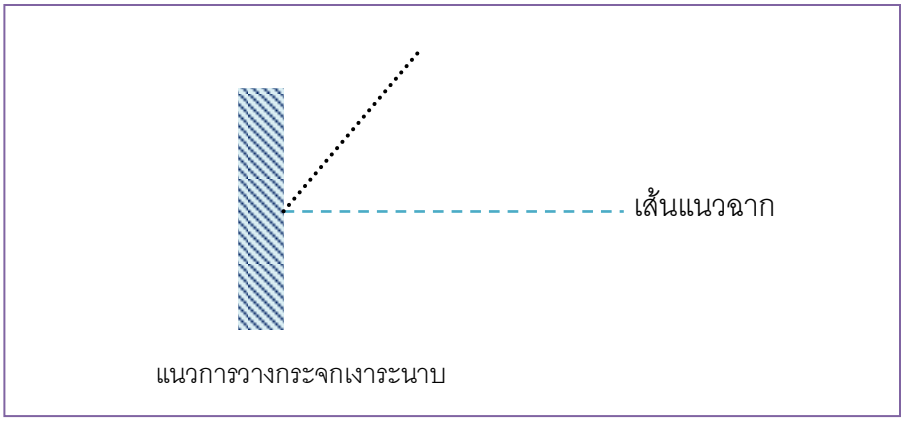
ตอบ .....

2. สมมติฐานการทดลองนี้ควรเป็นอย่างไร

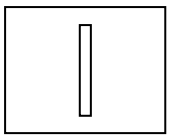
ตอบ .....

วิธีทดลอง

1. ใช้ดินสอลากเส้นบนกระดาษขาว ตามแนวกระจกเงาระนาบ และเส้นตั้งฉากกับแนวกระจกเงาระนาบ และขีดเส้นประทำมุม 60° กับเส้นแนวฉาก ดังภาพ



2. ตัดกระดาษแข็งขนาด 5"x5" เป็นช่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ ดังภาพ



3. นำกระดาษแข็งปิดบริเวณด้านหน้าของกระบอกไฟฉาย

4. วางกระจกเงาระนาบ ตามแนวเส้นที่ขีดไว้

5. เปิดไฟฉาย และจัดให้แนวแสงตกกระทบตรงกับแนวเส้นประ และลากเส้นตามแนวแสงที่เกิดขึ้น

6. ใช้ไม้โพรแทกเตอร์วัดมุมระหว่างแนวรังสีที่เกิดขึ้นกับเส้นแนวฉาก แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. ทำซ้ำข้อ 5 และ ข้อ 6 บันทึกผลการทดลองอีก 2 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย

8. เปลี่ยนพื้นกระดาษขาว และทำซ้ำข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนมุมของเส้นประที่ทำกับเส้นแนวฉาก เป็น มุม 45° มุม 30° และมุม 0° ตามลำดับ

ตารางบันทึกผลการทดลอง

มุมระหว่างแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉาก	มุมระหว่างแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉาก			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
60^{o}				
45^{o}				
30^{o}				
0^{0}				

คำถามหลังการทดลอง

1. จงวาดแผนภาพการสะท้อนของแสง และระบุส่วนประกอบต่างๆ

2. จำเป็นหรือไม่ที่แสงตกกระทบ แสงสะท้อนและเส้นแนวฉากจะต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน เพราะเหตุใด

ตอบ .....

3. เมื่อขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉาก เปลี่ยนแปลงไปขนาดของมุมระหว่างแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉากเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ .....

4. ขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับเส้นแนวฉาก มีความสัมพันธ์กับขนาดของมุมระหว่างแสงสะท้อนกับเส้นแนวฉากอย่างไร

ตอบ .....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตารางวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น
2. ตารางวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แสงและการมองเห็นรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.40	0.47	18	0.47	0.39
2	0.30	0.32	(19)	0.10	0.10
3	0.77	0.35	20	0.40	0.27
4	0.30	0.33	21	0.30	0.53
(5)	0.10	0.15	22	0.33	0.37
6	0.23	0.27	23	0.43	0.31
7	0.57	0.31	24	0.53	0.22
8	0.63	0.55	25	0.67	0.47
[9]	0.17	0.31	26	0.47	0.24
10	0.23	0.48	[27]	0.30	0.19
11	0.47	0.24	28	0.27	0.37
12	0.30	0.28	29	0.30	0.30
13	0.20	0.43	30	0.40	0.30
14	0.47	0.33	31	0.27	0.37
15	0.47	0.54	(32)	0.27	0.12
16	0.30	0.41	33	0.47	0.38
17	0.40	0.24			

◯ ข้อสอบที่คัดเลือกออก เนื่องจากมีค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

□ ข้อสอบที่ทำการปรับปรุงภาษาตัวเลือก และตัวลวง

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
(1)	0.93	0.08	18	0.80	0.49
2	0.57	0.36	19	0.60	0.58
3	0.37	0.49	20	0.80	0.28
4	0.77	0.57	21	0.47	0.51
5	0.73	0.22	22	0.70	0.29
(6)	0.90	0.02	23	0.30	0.45
7	0.50	0.23	(24)	0.90	0.07
8	0.63	0.39	25	0.47	0.37
9	0.77	0.24	26	0.77	0.28
10	0.80	0.54	[27]	0.33	0.02
11	0.77	0.41	28	0.47	0.29
12	0.77	0.61	29	0.63	0.37
(13)	0.97	0.20	30	0.77	0.34
14	0.67	0.24	31	0.67	0.33
15	0.73	0.24	[32]	0.50	0.10
16	0.67	0.24	[33]	0.30	0.05
17	0.43	0.42	[34]	0.70	0.14

◯ ข้อสอบที่คัดเลือกออก เนื่องจากมีค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

□ ข้อสอบที่ทำการปรับปรุงภาษาตัวเลือก และตัวลวง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม เกิดวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2525 ภูมิลำเนาจังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอก ฟิสิกส์ จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) ในปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) ในปีการศึกษา 2547 โดยเป็นนักเรียนทุนในโครงการส่งเสริมครูผู้มีความรู้ความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (สควค.) และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 ปัจจุบันรับราชการครู อันดับ คศ.1 โรงเรียนวัดราษฎร์บำรุง จังหวัดสุพรรณบุรี