ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาววรัญญา จำปามูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

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 GENERATE AN ARGUMENT INSTRUCTIONAL MODEL ON SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT AND REASONING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

MISS WARANYA JAMPAMOON

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาววรัญญา จำปามูล
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……..คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

……..กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ)

วรัญญา จำปามูล: ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (EFFECTS OF USING THE GENERATE AN ARGUMENT INSTRUCTIONAL MODEL ON SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT AND REASONING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ, 138 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป (3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และ (4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 และแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 64.67 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555

5283481427: MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEY WORDS: THE GENERATE ARGUMRNT INSTRUCTIONAL MODEL/ SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT/ REASONING THINKING/ LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

WARANYA JAMPAMOON: EFFECTS OF USING THE GENERATE AN ARGUMENT INSTRUCTIONAL MODEL ON SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT AND REASONING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 138 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) study science learning achievement of lower secondary school students that learned through the generate an argument instructional model, (2) compare science learning achievement of students between an experimental group that learned through the generate an argument instructional model and a control group that learned through the conventional teaching method, (3) compare reasoning thinking ability of students between before and after learning science through the generate an argument instructional model, and (4) compare reasoning thinking ability of students between the experimental group and the control group. The samples were two classes of Matthayom Suksa 2 students at Kanjanapisek Wittayalai Suratthani school during the second semester of academic year 2012. The research instruments were the science learning achievement test with reliability at 0.80 and the reasoning thinking ability with reliability at 0.88. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean of percentage and standard deviation. The hypotheses were tested by using t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group had mean scores of science learning achievement at 64.67 percent which was rated fairly good.

2. After the experiment, the experimental group had mean scores of science learning achievement higher than the control group at 0.05 level of significance.

3. After the experiment, the experimental group had mean scores of reasoning thinking ability higher than before the experiment at 0.05 level of significance.

4. After the experiment, the experimental group had mean scores of reasoning thinking ability higher than the control group at 0.05 level of significance.

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

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

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้คำปรึกษา การอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบอาชีพครู ผู้วิจัยตะหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยา บุญศรีนุ้ยและผู้อำนวยการสุริยา บุญญานุกูล ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านควนสระ ที่ได้ให้โอกาสและเมตตาอนุญาตให้ลาศึกษาต่อ ขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้ให้ทุนการศึกษาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจนถึงระดับบัณฑิตศึกษานี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการไพโรจน์ ทองนา โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี และหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์และนักเรียนโรงเรียนบ้านควนสระและโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี ที่ให้ความห่วงใยและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ ต่างสถาบัน ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือกับผู้วิจัยมาโดยตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ณ สาขาวิชาแห่งนี้

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดา ญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยสอบถามด้วยความห่วงใย ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานการวิจัย 6

ขอบเขตการวิจัย 7

ข้อตกลงเบื้องต้น 8

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 8

กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง 12

ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 12

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง 14

ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 17

รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง 20

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 25

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 25

องค์ประกอบสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 26

แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 33

บทที่		หน้า
	การคิดเชิงเหตุผล	35
	ความหมายของการคิดเชิงเหตุผล	35
	ตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	36
	แนวทางการวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
	งานวิจัยในประเทศ	41
	งานวิจัยต่างประเทศ	41
3	วิธีดำเนินการวิจัย	45
	รูปแบบการวิจัย	45
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	46
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
	การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	57
	การวิเคราะห์ข้อมูล	58
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	59
	ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	59
	ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	60
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	65
	สรุปผลการวิจัย	65
	อภิปรายผล	66
	ข้อเสนอแนะ	68
รายการอ้างอิง		70
ภาคผนวก		77
	ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	78
	ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	80
	ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	88
	ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	128
	ภาคผนวก จ ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) และตัวอย่างภาพกิจกรรม	133
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง	23
2	องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการและสถาบันต่างๆ	32
3	เกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา	34
4	ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน	47
5	จำนวนข้อสอบในแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ของเนื้อหาเรื่องแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	49
6	องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และจำนวนข้อสอบของแต่ละองค์ประกอบ	51
7	หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องแรงที่กระทำต่อวัตถุ	54
8	เปรียบเทียบขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งและการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบปกติ	55
9	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลองของกลุ่มทดลอง (n = 35) และกลุ่มควบคุม (n = 30)	59
10	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 35) กับกลุ่มควบคุม (n=30)	61
11	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 35)	62
12	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 35) กับกลุ่มควบคุม (n=30)	63
13	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายข้อ	129
14	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลรายข้อ	131

สารบัญ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน 134

สารบัญภาพ

แผนภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
2	โครงร่างที่แสดงตัวอย่างองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อดีของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์	19
3	รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design	45

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความรู้และวิทยาการทางวิทยาศาสตร์ ถือได้ว่ามีความสำคัญต่อศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความคิดขั้นสูงสุดของมนุษย์ โดยวิทยาศาสตร์มีส่วนในการพัฒนาการให้เหตุผล และพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา ดังนั้นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังให้พลเมืองของประเทศมีทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่สำคัญในการสร้างพลเมืองให้มีลักษะดังที่ประเทศต้องการ คือ การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งพัฒนาทางด้านการคิด(Duschl, Schweingruber and Shouse, 2007; UNESCO, 2010)

ประเทศชั้นนำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างสหรัฐอเมริกา อังกฤษ และญี่ปุ่น ต่างกำหนดจุดมุ่งหมายในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไปในทิศทางเดียวกัน คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดและการให้เหตุผลในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบสอบ (National Research Council [NRC], 1996; Department of Education, 2007; Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology, 2008) ประเทศไทยให้ความสำคัญกับกระบวนการคิดเช่นเดียวกัน โดยกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดความสามารถในการคิดให้เป็นสมรรถนะสำคัญที่ต้องสร้างให้เกิดกับผู้เรียน ดังปรากฏในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2547) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้ในการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2552-2561) กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดทักษะการให้เหตุผล เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553)

เนื่องจากวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยหลักของเหตุและผล อีกทั้งทักษะการให้เหตุผลมีความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียน ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล (Howe and Mierzwa, 1977: 467) เพื่อใช้ในการสรุปข้อมูลหรืออนุมานความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ (NRC, 1996; Duschl, Schweingruber

and Shouse, 2007) นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลมีส่วนช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น ดังงานวิจัยของ Fah (2009) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของประเทศมาเลเซีย พบว่าความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลต่ำ จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต่ำด้วย

เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนไทยจากการทดสอบของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ที่เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 โดยองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Department: OECD) ซึ่งเป็นโครงการที่ศึกษาสำรวจความรู้และทักษะของนักเรียนอายุ 15 ปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเทศสมาชิกในการเตรียมความพร้อมของประชากรให้มีศักยภาพในการแข่งขันกับประชาคมโลก โดยประเมินการรู้ (Literacy) 3 ด้าน คือ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2549 เน้นความสำคัญกับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ถึงร้อยละ 60 ประกอบด้วยการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 421 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD ที่ 500 คะแนน และเมื่อพิจารณาในส่วนของการตอบคำถาม พบว่านักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุดในการตอบคำถามที่ต้องให้เหตุผลประกอบคำอธิบาย (สุนีย์ คล้ายนิล,ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์. 2550ก; 2550ข) นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2550 ได้มีการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโครงการการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trend in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ที่ดำเนินการโดยสมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลการศึกษา (International Association for Educational Assessment: IEA) มีขอบเขตการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา (Content Domain) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive Domain) โดยด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการให้เหตุผล (ปรีชาญ เดชศรี และ เกตุวดี กัมพลาศิริ, 2553) พบว่านักเรียนมีคะแนนด้านการให้เหตุผลเท่ากับ 473 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย TIMSS ที่ 500

คะแนน (Gonzales et al., 2008) ผลการประเมินของทั้งสองโครงการจึงสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนไทย

นอกจากนี้ หากพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ ที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2552-2554 พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 29.16, 29.17 และ 32.19 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556: ออนไลน์) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดชุมพร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พบว่าปีการศึกษา 2552 - 2554 นักเรียนในเขตพื้นที่ดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 30.76, 27.36 และ 32.12 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 เช่นเดียวกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556: ออนไลน์) แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างเขตพื้นที่กับประเทศเป็นรายปี พบว่าปีการศึกษา 2553 และ 2554 เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 11 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศ ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเขตพื้นที่ดังกล่าวจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน

จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ พบว่าแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนได้ คือ การโต้แย้ง โดยการโต้แย้งถือว่าเป็นหลักปฏิบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSES) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสำคัญกับการโต้แย้ง ดังจะเห็นได้จากคำกล่าวที่ว่า “การสืบสอบควรมองทั้งกระบวนการของ “การค้นหาสำรวจและการทดลอง” และ “การอธิบายและการโต้แย้ง”” อีกทั้งยังเสนอแนะว่าควรให้โอกาสแก่นักเรียนในการเข้าสู่กระบวนการโต้แย้งให้มากขึ้น (National Research Council, 1996: 113) ซึ่งถ้าหากพิจารณาการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์จะพบว่าเป็นกระบวนการสร้างความรู้ในรูปแบบของการสร้างคำอธิบายเพื่อทำความเข้าใจข้อมูล ให้เหตุผลอธิบายข้อกล่าวอ้างที่เป็นความรู้ ความเชื่อ รวมถึงการกระทำต่างๆ ที่นำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติ และนำเสนอสู่สังคมเพื่อการวิพากษ์วิจารณ์ การโต้แย้ง และการแก้ไขปรับปรุง (Sampson and Clark, 2008: 448; Jiménez-Aleixadre, Rodríguez and Duschl, 1999: 758)

การโต้แย้งจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกใช้เพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อถือ (Sampson and Clark, 2008: 448) Osborne, Erduran and Simon (2004: 995) กล่าวว่า “การโต้แย้งนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยมีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ (1) กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการเข้าสู่เป้าหมายของทฤษฎี ความรู้และมโนทัศน์ และ (2) ช่วยให้การคิดและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีความชัดเจนมากขึ้น”

การศึกษาและการวิจัยที่เกี่ยวกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในสองทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถช่วยส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Kuhn and Lao, 1998) ซึ่งถ้าหากพิจารณาในมุมมองของนักวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งจะนำไปสู่การค้นพบหรือสร้างทฤษฎีใหม่ (Driver, Newton, and Osborne, 2003) ถ้าหากพิจารณาในมุมมองของนักเรียน การโต้แย้งจะนำไปสู่การพิจารณาและประเมินตัวเลือกของมโนทัศน์ที่หลากหลาย (Nussbaum and Sinatra, 2003) นอกจากนี้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมการเข้าถึงการปฏิบัติที่เป็นลักษณะพิเศษของกระบวนการทางปัญญาและการรู้คิดของนักเรียน (Brown and Campione, 1990; Collin et al., 1989) ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถทางการสื่อสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Harbermas, 1981) ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการพูดและการเขียนภาษาของวิทยาศาสตร์ (Yore, Bisanz, and Hand, 2003) และสุดท้ายคือส่งเสริมพัฒนาการด้านการให้เหตุผล (Kuhn, 1993) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรที่จะสนับสนุนการโต้แย้งให้มากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ ที่ไม่มุ่งเน้นเฉพาะองค์ความรู้ที่เป็นกฎ หรือทฤษฎี เพียงอย่างเดียว (NRC, 1996)

ในปี ค.ศ. 2010 Victor Sampson และ Jonathan Grooms ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง (The Generate an Argument Instructional Model) ซึ่งมีฐานมาจากงานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน อันได้แก่ งานวิจัยของ Osborne, Erduran และ Simon ในปี 2004, Sandoval และ Reiser ในปี 2004, Sampson และ Clark ในปี 2008 และงานวิจัยของ Berland และ Reiser ในปี 2009 (Sampson and Grooms, 2010) โดยรูปแบบการเรียนการสอนนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (tentative argument) ซึ่งประกอบด้วยข้อสรุป หลักฐาน และการให้เหตุผล ผ่านกระบวนการกลุ่ม และนำไปใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง (the argumentation session) เพื่อรับการประเมินและรับฟังความคิดเห็นของกลุ่มอื่น

กระบวนการนี้นักเรียนจะได้พัฒนาข้อโต้แย้งชั่วคราวให้เป็นข้อโต้แย้งสุดท้ายที่มีความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ จากนั้นเขียนสรุปเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล

จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์พบว่า การโต้แย้งสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนได้ ดังงานวิจัยของ Brown and Campione (1990) ที่พบว่า การโต้แย้งในบริบทของชั้นเรียนสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการรู้คิดขั้นสูงและความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล สอดคล้องกับ Osbone, Erdura and Simon (2004) ที่พบว่ารูปแบบการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ขณะที่งานวิจัยของ Cross et al. (2008) พบว่ารูปแบบการโต้แย้งและคุณภาพของข้อมูลที่ใช้สำหรับการโต้แย้ง เป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้และส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Okumus and Unal (2012) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการโต้แย้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการเข้าใจมโนทัศน์เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาแนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวกับการโต้แย้ง และรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งข้างต้น พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งนี้สามารถส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลในเรื่องอื่นๆ ต่อไป

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าหรือไม่
2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ และเมื่อเปรียบเทียบกับ

นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป นักเรียนจะมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่าหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปว่ารูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนได้ ดังงานวิจัยของ Brown and Campione (1990) ที่พบว่า การโต้แย้งในบริบทของชั้นเรียนสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการรู้คิดขั้นสูงและความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล สอดคล้องกับ Osbone, Erdura and Simon (2004) และ Acar and Patton (2012) ที่พบว่า รูปแบบการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ขณะที่งานวิจัยของ Richmond and Striley (1996) และ Okumus and Unal (2012) พบว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และการมีปฏิสัมพันธ์ในสังคมวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการเข้าใจมโนทัศน์ได้ โดยงานวิจัยของ Cross et al. (2008) พบว่ารูปแบบการโต้แย้งและคุณภาพของข้อมูลที่ใช้สำหรับการโต้แย้ง เป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้และส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

จากงานวิจัยข้างต้น ประกอบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการที่กำหนดช่วงคะแนนที่แสดงความสามารถทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระดับดีถึงดีเยี่ยมคือร้อยละ 70 ขึ้นไป (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552: 18) จึงได้ตั้งสมมติฐาน 4 ข้อ ดังนี้

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.1.1 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

2.1.2 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2.2 ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือเรื่องแสง

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ข้อตกลงเบื้องต้น

ความแตกต่างของช่วงเวลาที่ใช้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific argumentation) ในการพัฒนาข้อสรุปที่เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุภาระงาน (Identification of the task) กระตุ้นความสนใจโดยใช้ปัญหาเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่ และมอบหมายภาระงานในการสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

ขั้นที่ 2 สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Generation of a tentative argument) สำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารประกอบการเรียนที่ครูจัดเตรียมไว้เพื่อใช้สร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม

ขั้นที่ 3 กิจกรรมการโต้แย้ง (The argumentation session) นำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มนักเรียน เพื่อรับการประเมินและรับฟังความคิดเห็นของกลุ่มอื่น จากนั้นจึงสรุปผลการโต้แย้ง

ขั้นที่ 4 การทำความเข้าใจภายในกลุ่มและการสร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล (Group sense-making & individual argument) แต่ละกลุ่มแก้ไขปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่ม และเขียน

สรุปคำอธิบายที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล

2. **วิธีสอนแบบทั่วไป** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้คำตอบ และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า

ขั้นที่ 2 ขั้นสอน เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาและสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูช่วยเสริมและแก้ไขมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

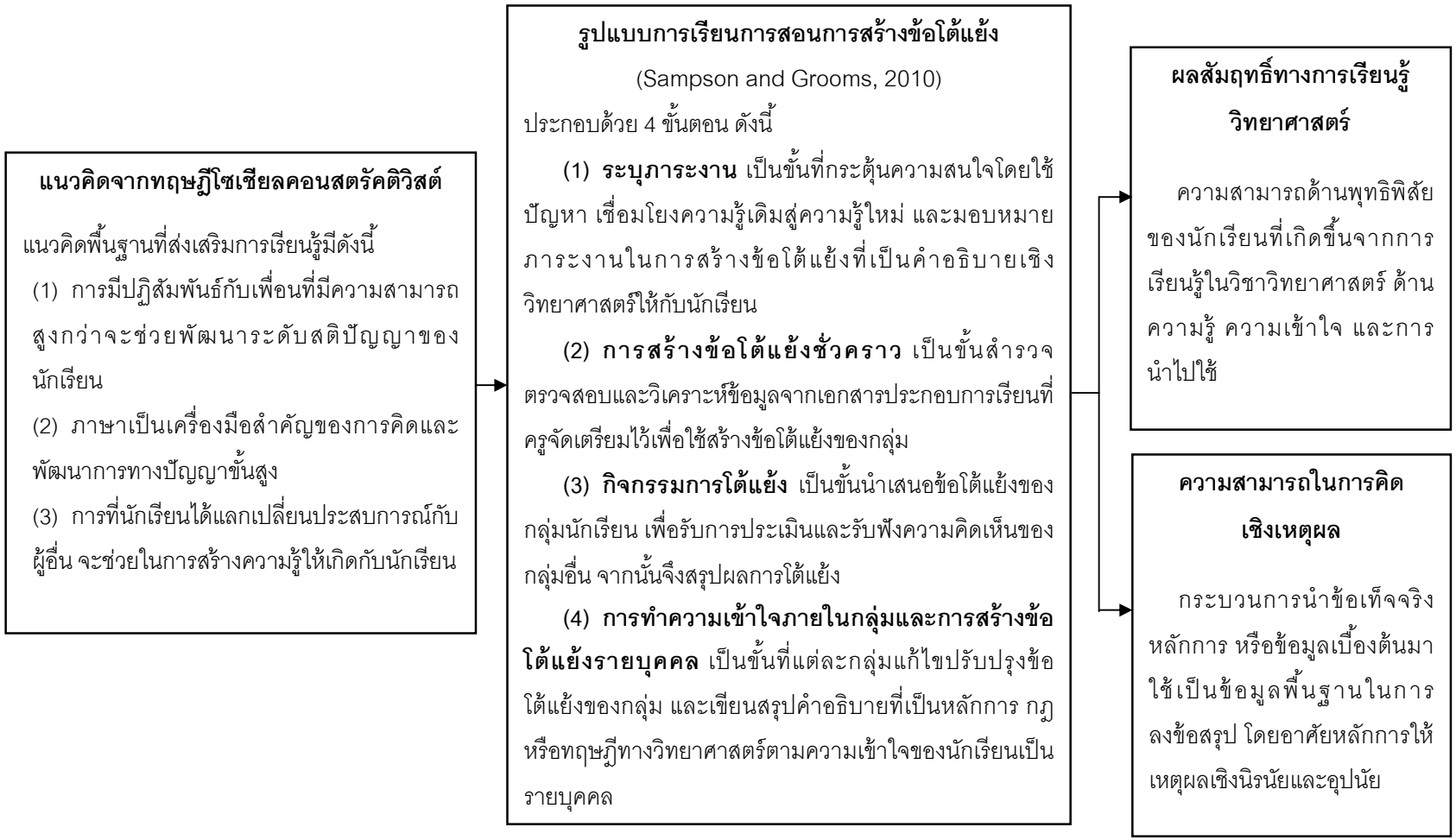
3. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยวัดจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Klopfer ประกอบด้วยพฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ และการนำไปใช้ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

4. **ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล** หมายถึง กระบวนการนำข้อเท็จจริง หลักการหรือข้อมูลเบื้องต้นมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการลงข้อสรุป โดยอาศัยหลักการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัย โดยวัดจากแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยที่วัดตามแนวคิดตรรกะบทของ Aristotle และการให้เหตุผลเชิงอุปนัยที่วัดตามแนวคิดของ Mill (Mill's method)

5. **นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานที่ส่งเสริมรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงเหตุผล ซึ่งนำเสนอรายละเอียดตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
   - 1.1 ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 1.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
   - 1.3 ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 1.4 รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
     - 1.4.1 เป้าหมายและวิธีการจัดเรียนการสอนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
     - 1.4.2 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 1.2 องค์ประกอบสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 1.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. การคิดเชิงเหตุผล
   - 3.1 ความหมายของการคิดเชิงเหตุผล
   - 3.2 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล
   - 3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 4.1 งานวิจัยภายในประเทศ
   - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งประกอบด้วย (1) ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (2) แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง (3) ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และ (4) รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ในสองทศวรรษที่ผ่านมานี้ บทบาทของภาษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้กลายเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นในงานวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งถ้าหากพิจารณามุมมองของทฤษฎีสรรคนิยมแล้ว พบว่าภาษาเป็นสื่อกลางของการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและมีความสำคัญที่ผู้เรียนได้ใช้ตีความเหตุการณ์ต่างๆ โดยผ่านความรู้เดิม มุมมองนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ในแง่มุมที่ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างขึ้นในทางสังคม มีการตกลงหาข้อยุติพิสูจน์รับรอง และสื่อสารในบริบทของการอภิปรายของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ซึ่งเป้าหมายของการอภิปรายทางวิทยาศาสตร์นั้นจะตั้งอยู่บนฐานของหลักฐานมากกว่าการประนีประนอมหรือการไกล่เกลี่ย และจะสำเร็จได้โดยผ่านกระบวนการประชาธิปไตย ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงพยายามที่จะเข้าถึงความตกลงร่วมกันในกระบวนการที่รู้จักกันว่า การโต้แย้ง (argumentation) (Tippett, 2009: 17) ซึ่งสอดคล้องกับ Jiménez-Aleixadre, Rodríguez and Duschl (1999: 758) ที่กล่าวว่า “ข้อตกลงร่วมกันทางทฤษฎี วิธีการ และจุดมุ่งหมายต่างๆ นั้นล้วนเป็นผลของการประเมินอย่างมีวิจารณญาณและการอภิปรายร่วมกันในสังคมของนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการโต้แย้งและทฤษฎีการโต้แย้งจึงเป็นกลวิธีสำหรับการแก้ปัญหา คำถาม ประเด็นสำคัญๆ และข้อพิพาทต่างๆ ได้”

จากข้างต้นทำให้เห็นได้ว่า การโต้แย้งเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยทางด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSES) นั้นก็ได้ให้ความสำคัญกับการโต้แย้ง ดังจะเห็นได้จากคำกล่าวที่ว่า “การสืบสอบควรมองทั้งกระบวนการของ “การค้นหาสำรวจและการทดลอง” และ “การอธิบายและการโต้แย้ง”” อีกทั้งยังแนะนำว่าควรให้โอกาสแก่นักเรียนในการเข้าสู่กระบวนการโต้แย้งให้มากขึ้น (National Research Council, 1996: 113) ซึ่งถ้าหากพิจารณาการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์แล้วนั้น บ่อยครั้งพบว่าถูกบรรยายในฐานะกระบวนการสร้างความรู้ในรูปแบบของคำอธิบายที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำความเข้าใจข้อมูล ให้เหตุผลอธิบายข้อกล่าวอ้างที่เป็นความรู้ ความเชื่อ และ

การกระทำต่างๆ ที่นำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติ และเพื่อนำเสนอสู่สังคมสำหรับวิพากษ์วิจารณ์ โต้แย้ง และการแก้ไขปรับปรุง (Sampson and Clark, 2008: 448; Jiménez-Aleixadre, Rodríguez and Duschl, 1999: 758) ดังนั้นความสามารถที่จะสร้างข้อโต้แย้งที่ชักจูงโน้มน้าว และมีน่าเชื่อถือควรประกอบด้วยหลักฐานและทฤษฎีที่สนับสนุนหรือปฏิเสธคำอธิบายนั้น การโต้แย้งจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Sampson and Clark, 2008: 448) นอกจากนี้ Osborne, Erduran and Simon (2004: 995) ได้กล่าวไว้ว่า “การโต้แย้งนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ ซึ่งมีหน้าที่อยู่ 2 หน้าที่ คือหนึ่งเป็นสิ่งที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการเข้าสู่เป้าหมายของทฤษฎีความรู้และมโนทัศน์ อีกหน้าที่หนึ่ง คือเพื่อให้การคิดและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสามารถมองเห็นได้ชัดระหว่างการประเมิน”

จากการศึกษาบทความ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้น พบว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถช่วยส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้ (Kuhn and Lao, 1998) ซึ่งถ้าหากพิจารณาในมุมมองของนักวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งจะนำไปสู่การค้นพบหรือทฤษฎีใหม่ได้ (Driver, Newton, and Osborne, 2003) หรือถ้าหากพิจารณาในมุมมองของนักเรียน การโต้แย้งจะนำไปสู่การพิจารณาตัวเลือกในแง่คิดต่างๆ และใช้ประเมินตัวเลือกของมโนทัศน์ที่หลากหลายได้ (Nussbaum and Sinatra, 2003) นอกจากนี้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้นยังสามารถส่งเสริมการเข้าถึงการปฏิบัติที่เป็นลักษณะพิเศษของกระบวนการทางปัญญาและการรู้คิดของนักเรียน (Brown and Campione, 1990; Collin et al., 1989) ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถทางการสื่อสาร และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Harbermas, 1981) ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการพูดและการเขียนภาษาของวิทยาศาสตร์ (Yore, Bisanz, and Hand, 2003) และสุดท้ายคือส่งเสริมพัฒนาการด้านการให้เหตุผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวเลือกของทฤษฎีหรือข้อสันนิษฐานที่อยู่บนฐานของเกณฑ์ที่มีเหตุผลได้ (Kuhn, 1993) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจึงควรที่จะสนับสนุนการโต้แย้งให้เกิดขึ้นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้ใหม่ถูกสร้างขึ้นและคงอยู่ได้อย่างไร และไม่ควรมุ่งเน้นเฉพาะองค์ความรู้ เช่น กฎ ทฤษฎี เพียงอย่างเดียว (NRC, 1996)

1.2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

สองทศวรรษที่ผ่านมานี้ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็นที่รู้จักและนักวิจัยต่างให้ความสนใจมากขึ้นในการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Sampson and Clark, 2008: 447) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่พัฒนาขึ้นโดย Sampson and Grooms เป็นรูปแบบการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นี้มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ถูกพัฒนาขึ้นโดย Lev Semanovick Vygotsky (1896-1934) นักจิตวิทยาของกลุ่มพุทธิปัญญานิยมชาวรัสเซีย ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญา ในสมัยเดียวกันกับ Piaget (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 45; Santrock, 2006: 51) โดยทฤษฎีเชาว์ปัญญาของ Vygotsky นั้น ได้ให้ความสำคัญกับอิทธิพลของบริบททางวัฒนธรรมและบริบททางสังคมที่มีผลต่อการเรียนรู้ โดยเด็กสามารถสร้างความรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น และมีผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนแต่ละบุคคล ซึ่งเนื้อหาความรู้ที่ได้เป็นผลมาจากอิทธิพลทางวัฒนธรรมที่เด็กอาศัยอยู่ รวมถึงภาษา ความเชื่อและทักษะต่างๆ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 61; Santrock, 2006: 315)

Vygotsky อธิบายว่าพัฒนาการทางปัญญาของเด็ก ส่วนใหญ่มักจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานในการวัด เพื่อดูว่าเด็กอยู่ในระดับพัฒนาการทางปัญญาระดับใด โดยดูว่าสิ่งที่เด็กทำได้นั้นเป็นสิ่งที่เด็กในระดับอายุใดโดยทั่วไปสามารถทำได้ ดังนั้นผลการวัดจึงเป็นการบ่งบอกถึงสิ่งที่เด็กทำได้อยู่แล้วคือ เป็นระดับพัฒนาการที่เด็กบรรลุหรือไปถึงแล้ว ดังนั้นข้อปฏิบัติที่ทำกันอยู่ก็คือการสอนให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการของเด็ก จึงเท่ากับเป็นการตอกย้ำให้เด็กอยู่ในระดับพัฒนาการเดิม ไม่ได้ช่วยให้เด็กพัฒนาขึ้น Vygotsky อธิบายว่า เด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางปัญญาที่ตนเป็นอยู่ และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะเจริญเติบโตนี้เองที่เรียกว่า “zone of proximal development (ZPD)” (ทิศนา แขมมณี, 2547: 92) โดยในการเรียนการสอนนั้นพบว่าผู้เรียนบางคนสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องให้บุคคลอื่นช่วยเหลือ ผู้เรียนบางคนไม่สามารถที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเอง แต่ถ้ามีบุคคลอื่นให้ความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำได้ หรือผู้เรียนบางคนสามารถเรียนรู้ได้แม้ว่าจะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น Vygotsky ได้อธิบายไว้ว่าเด็กแต่ละคนที่อยู่ในวัยเดียวกันจะมีขอบเขตที่ใกล้เคียงพัฒนาการแตกต่างกัน บางคน

อยู่เหนือขอบเขตที่ใกล้เคียงพัฒนาการบางคนอยู่ระหว่าง และบางคนอยู่ต่ำกว่า ดังนั้น ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละบุคคลจึงมีความแตกต่างกัน โดยที่ผู้เรียนนั้นสามารถที่จะเรียนรู้ได้ดีโดยการได้รับความช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้เรียนอื่นที่มีการพัฒนาในระดับของขอบเขตที่ใกล้เคียงพัฒนาการที่สูงกว่า Vygotsky เรียกการช่วยเหลือในการเรียนรู้นี้ว่า “ฐานการช่วยเหลือ (scaffolding)” ซึ่งหมายความว่า การให้ความช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้หรือการแก้ปัญหาหรือการทำงานอย่างหนึ่งอย่างใดที่เด็กไม่สามารถทำได้ด้วยตนเองให้สัมฤทธิผลได้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 63) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน Vygotsky ได้เน้นว่าครูควรให้โอกาสนักเรียนในการเรียนรู้ร่วมกับครูและเพื่อนในการสร้างความรู้ (Kozulin, 2000 cited in Santrock, 2006: 315)

อีกแง่มุมหนึ่งของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ของ Vygotsky ที่ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนก็คือ อิทธิพลทางด้านภาษา ซึ่ง Vygotsky กล่าวว่า ภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญของการแสดงออกทางความคิด การพัฒนาการคิดที่ซับซ้อนและพัฒนาการทางปัญญาขั้นสูง เช่น การวางแผน การประเมิน และการให้เหตุผล เป็นต้น (Magill and Rodriguez,1996: 959; Mclnerney and Mclnerney, 2002: 49) โดยพัฒนาการทางภาษาและทางความคิดของเด็กจะเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้น พัฒนาการทั้ง 2 ด้านจะเป็นไปร่วมกัน (ทิศนา แขมมณี, 2547: 91) นอกจากนี้ภาษายังเป็นสื่อกลางของการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและมีความสำคัญที่ผู้เรียนได้ใช้ตีความเหตุการณ์ต่างๆ โดยผ่านความรู้เดิม มุมมองนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ในแง่มุมที่ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างขึ้นในทางสังคม มีการตกลงหาข้อยุติ พิสูจน์รับรอง และสื่อสารในบริบทของการอภิปรายของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ซึ่งเป้าหมายของการอภิปรายทางวิทยาศาสตร์นั้นจะตั้งอยู่บนฐานของหลักฐานมากกว่าการประนีประนอมหรือการไกล่เกลี่ย และจะสำเร็จได้โดยผ่านกระบวนการประชาธิปไตย ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงพยายามที่จะเข้าถึงความตกลงร่วมกันในกระบวนการที่รู้จักกันว่า การโต้แย้ง (argumentation) ซึ่งพวกเขาพยายามที่จะโน้มน้าวให้ผู้อื่นเห็นถึงความสมเหตุสมผลของข้อสรุปของตน (Tippett, 2009: 17) โดยที่ Dusch, Ellenbogan, and Erduran (1999) นั้นได้กล่าวว่า การโต้แย้งเรียกว่าเป็น “ภาษาของวิทยาศาสตร์” (language of science)

บทบาทของภาษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้กลายเป็นที่รู้จักมากขึ้นในงานวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Tippett, 2009: 17) ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Duschl and Osborne (2002: 40-41) ที่กล่าวว่า “กิจกรรมทางภาษาเป็นสิ่งสำคัญในการปฏิบัติและการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมของการสร้างประโยค การศึกษาความหมาย และการปฏิบัติทางภาษา เหล่านี้ล้วนเป็นองค์ประกอบของภาษาที่ต้องการให้นักเรียนเข้าสู่การฝึกปฏิบัติและการใช้ภาษาในการอภิปรายในช่วงของกิจกรรม โดยภาระงานต่างๆ จะสนับสนุนการสร้างความรู้ทางสังคม การแสดงออกทางความคิดของนักเรียนและทำให้การประเมินโดยครู นักเรียน และเพื่อนๆ เป็นไปอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้นถ้าหากโครงสร้างของกิจกรรมที่สนับสนุนการโต้แย้งเชิงการสนทนาขาดหายไปจากชั้นเรียนแล้ว ก็จะเป็นอุปสรรคและจำกัดการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างยิ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในฐานะกระบวนการสืบสอบที่ปราศจากการให้โอกาสในการเข้าสู่การโต้แย้ง การสร้างคำอธิบาย และการประเมินหลักฐานนั้นจะทำให้ล้มเหลวถึงองค์ประกอบหลักของธรรมชาติวิทยาศาสตร์และการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน” ซึ่งสอดคล้องกับ Yore, Bisanz, and Hand (2003: 691) ที่กล่าวว่า “ภาษาเป็นส่วนที่เติมเต็มของวิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ กล่าวคือภาษาเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำเข้าสู่การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และสู่การสร้างความเข้าใจวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ภาษายังเป็นสิ่งที่ใช้ในการสื่อสารเกี่ยวกับการสืบสอบ วิธีดำเนินการ และความเข้าใจวิทยาศาสตร์สู่บุคคลอื่นเพื่อช่วยในการตัดสินใจและการกระทำกิจกรรมต่างๆ ได้ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการพูดและการเขียนที่เป็นระบบสัญลักษณ์นั้นส่วนใหญ่แล้วใช้โดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างบรรยาย และแสดงข้อกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์” และจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับบทบาทของภาษาสำหรับการเรียนรู้ ซึ่งศึกษาโดย Sutton (1998: 36) นั้นพบว่าผู้เรียนต้องการให้ครูวิทยาศาสตร์แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับบทบาทของภาษาในการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ผู้เรียนควรจะมีประสบการณ์ทางภาษาในฐานะสื่อกลางสำหรับการสื่อสารเกี่ยวกับความคิด ซึ่งไม่เพียงแต่การได้มาซึ่งความจริงเท่านั้น แต่นักเรียนควรที่จะทำความคิดทางวิทยาศาสตร์และฝึกการใช้ความคิดเหล่านั้นซ้ำอีกในการโต้แย้งและการอภิปราย

กล่าวโดยสรุปคือ ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ของ Vygotsky เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก โดยความรู้ที่ได้นั้นมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น รวมถึงการใช้ภาษาซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและการพัฒนาสติปัญญาขั้นสูง เช่น การวางแผน การประเมิน และการให้เหตุผล ซึ่งไม่นานมานี้ ภาษาได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นกิจกรรมทางภาษาที่ควรสนับสนุนให้เกิดขึ้นในชั้นเรียนมากขึ้น เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าสู่การสร้างคำอธิบาย การประเมินหลักฐาน พิจารณาตัวเลือกที่หลากหลาย และช่วยพัฒนาการคิดที่ซับซ้อนโดยการคิดเชิงเหตุผล

มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ทราบถึงการได้มาซึ่งความรู้นั้น มากกว่าตัวความรู้เพียงอย่างเดียว

1.3 ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายความหมายได้ว่าเป็น ความพยายามที่จะสร้างหรือตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อสรุปที่อยู่บนฐานของเหตุผล (Norris et al., 2007) หรือเป็นกระบวนการของการเสนอ (proposing) การสนับสนุน การประเมิน และการกลั่นกรองข้อสรุปในฐานะส่วนหนึ่งของกลุ่มในลักษณะที่สะท้อนคุณค่า (value) ของสังคมวิทยาศาสตร์ (Kunh, 1993) โดยข้อสรุปในบริบทนี้ไม่ใช่เพียงแค่ความคิดหรือความคิดเห็นเท่านั้น แต่ยังเป็นการอนุมาน (conjecture) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คำอธิบาย (explanation) ข้อความเชิงบรรยาย (descriptive statement) หรือเป็นคำตอบของคำถามการวิจัย (Norris et al., 2007) ส่วนเทอมของ “หลักฐาน” จะใช้ในการบรรยายสนับสนุนบางสิ่งบางอย่างเพื่อเสนอข้อสรุป และในเทอมของ “การให้เหตุผล” นั้น จะใช้บ่อยเพื่อบรรยายเหตุผลที่ใช้โดยนักวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเมื่อการสนับสนุนนั้นตั้งอยู่บนฐานข้อมูลที่รวบรวมระหว่างการสำรวจตรวจสอบ ยกตัวอย่างเช่น Charles Dawin ใช้เหตุผลต่างๆ มากมายที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของเขาที่ว่าสปีชีส์ที่พบบนโลกนี้สืบทอดมาจากสปีชีส์อื่น และกลไกหลักในการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ต่างๆ เมื่อเวลาผ่านไปก็คือการคัดเลือกตามธรรมชาติ เหตุผลบางเหตุผลที่ Charles Dawin ให้ในหนังสือ On the Origin Species เช่น ความคิดของ Malthus ที่เกี่ยวกับการเติบโตของประชากร และมโนทัศน์ของหลักความเป็นเอกภาพของ Lyell ซึ่งเป็นทฤษฎีตามธรรมชาติ ส่วนเหตุผลอื่นๆ นั้น เช่น การสังเกตระหว่างการเดินทางสู่อเมริกากลางและอเมริกาใต้ ซึ่งเป็นเชิงประจักษ์มากกว่า อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ควรจดจำไว้ก็คือ ไม่ใช่เหตุผลทั้งหมดจะสามารถให้เหตุผลได้เท่ากันในทางวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั่นก็คือ การประเมินการยอมรับ ความเพียงพอ และความสัมพันธ์กันของเหตุผลต่างๆ ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุป (Sampson and Gerbino, 2010: 427)

สิ่งสำคัญที่ควรทำความเข้าใจในการโต้แย้งในวิทยาศาสตร์นั้น ก็คือจะมีความแตกต่างจากการโต้แย้งซึ่งผู้คนใช้ในบริบทต่างๆ เช่น ประวัติศาสตร์ หรือศาสนา กล่าวคือ ข้อสรุปจะเป็นการอนุมาน คำอธิบาย ข้อกล่าวอ้าง หลักการโดยทั่วไป หรือคำตอบของคำถามการวิจัย ส่วนองค์ประกอบหลักฐานของข้อโต้แย้งจะนำเสนอด้วยข้อมูล เช่น การวัด การสังเกต ซึ่งคัดเลือกมาจากการสำรวจตรวจสอบและอาจจะมาจากการวิเคราะห์ ตีความโดยนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งในที่นี้

หลักฐานจะใช้ในการสนับสนุนความสมเหตุสมผล ความถูกต้องของข้อสรุป ส่วนเหตุผลอื่นๆ เช่น การอ้างอิงสู่กฎ ทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับ หรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบจากการสำรวจตรวจสอบจากผู้อื่นที่สามารถใช้เป็นหลักฐานในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้ และองค์ประกอบอีกองค์ประกอบหนึ่งของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ก็คือ การให้เหตุผล ซึ่งนำเสนอคำกล่าวที่อธิบายว่าทำไมหลักฐานที่นำมานั้นใช้เป็นหลักฐานได้และหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างไร (Sampson and Gerbino, 2010: 428)

ความสำคัญที่เพิ่มเติมในองค์ประกอบเชิงโครงสร้างของการโต้แย้ง โดยในกรอบการทำงานนี้จะเน้นประเภทของเกณฑ์การประเมินหลายเกณฑ์ซึ่งนักเรียนควรจะสามารถใช้เพื่อประเมินข้อดีของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เกณฑ์ที่สามารถใช้ในการประเมินนั้นได้แก่ เกณฑ์การประเมินเชิงประจักษ์ เกณฑ์การประเมินเชิงทฤษฎี และเกณฑ์การประเมินเชิงวิเคราะห์ โดยเกณฑ์การประเมินเชิงประจักษ์นั้นประกอบด้วยข้อสรุปที่เหมาะกับหลักฐานที่มีอยู่ ความเพียงพอของหลักฐานที่ประกอบอยู่ในข้อโต้แย้ง และคุณภาพของหลักฐาน ในทางตรงกันข้าม เกณฑ์การประเมินเชิงทฤษฎีนั้นจะกล่าวถึงมาตรฐานที่เป็นสิ่งสำคัญในวิทยาศาสตร์แต่ไม่ได้เป็นเชิงประจักษ์ในธรรมชาติ รวมถึงการประเมินที่เกี่ยวกับความเพียงพอของข้อสรุป ความมีประโยชน์ ความสม่ำเสมอที่ยอมรับกฎ ทฤษฎี และแบบจำลองต่างๆ สุดท้ายเกณฑ์การประเมินเชิงวิเคราะห์จะเน้นที่คุณภาพทั้งหมดของการให้เหตุผล เช่น การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน การให้เหตุผลเชิงสัมพันธ์ การให้เหตุผลเชิงอุปมา เป็นต้น ซึ่งข้อโต้แย้งนั้นฟังดูมีเหตุผลสำหรับใช้เป็นเหตุผลในการสนับสนุนข้อสรุปหรือไม่ และทำไมเหตุผลนั้นจึงประกอบอยู่ในข้อโต้แย้ง อย่างไรก็ตามคุณภาพของการใช้เกณฑ์การประเมินแต่ละประเภทนั้นก็จะแตกต่างกัน ซึ่งจะแปรผันตามสาขาวิชา ขึ้นอยู่กับประเภทของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบซึ่งเป็นสิ่งที่ยอมรับกันในการสืบสอบ เช่น การทดลอง สาขาการทำงาน เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรจะระลึกในธรรมชาติของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่ควรพิจารณาในวิทยาศาสตร์ว่าขึ้นอยู่กับสาขาวิชา สาขาการวิจัย (Sampson and Gerbino, 2010: 428) โดยองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อดีของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้นสามารถสรุปได้ดังแผนภาพที่ 2

แผนภาพที่ 2 โครงร่างที่แสดงตัวอย่างองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อดีของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Sampson and Gerbino, 2010: 428)

1.4 รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง (The Generate an Argument Instructional Model) พัฒนาขึ้นโดยนักการศึกษาที่ชื่อว่า Victor Sampson และ Jonathan Grooms ในปี 2010 ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนนี้มีฐานมาจากงานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน อันได้แก่ งานวิจัยของ Osborne, Erduran และ Simon ในปี 2004, Sandoval และ Reiser ในปี 2004, Sampson และ Clark ในปี 2008 และงานวิจัยของ Berland และ Reiser ในปี 2008 เป็นรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความสำคัญอื่นๆ ของเนื้อหา นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาการให้เหตุผลที่ซับซ้อน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจธรรมชาติและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถปรับปรุงทักษะการสื่อสารได้ ประการสุดท้ายยังสามารถช่วยพัฒนา จิตตนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific habits of mind) เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ความสงสัย และการเปิดรับความคิดใหม่ๆ และมาตรฐานใหม่สำหรับการพิจารณาความรู้ที่เป็นที่ยอมรับในวิทยาศาสตร์ (Samson and Grooms, 2010)

รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีขั้นตอนการเรียนการสอน เป้าหมาย วิธีการจัดการเรียนการสอน และบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.4.1 เป้าหมายและวิธีการจัดเรียนการสอนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง มีขั้นตอนการเรียนการสอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้อธิบายเป้าหมายและวิธีการจัดเรียนการสอนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (Sampson and Grooms, 2010; Sampson and Gerbino, 2010)

(1) การระบุภาระงาน (Identification of task) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดปัญหาและคำถามในเรื่องที่กำลังจะศึกษา ทบทวนความรู้เดิมที่จำเป็นสำหรับเรื่องที่จะศึกษานี้ และนำเข้าสู่การระบุภาระงานให้กับนักเรียน พร้อมทั้งชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนต้องทำ

ในขั้นนี้ครูควรนำเสนอประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและกำหนดประเด็นการโต้แย้ง พร้อมทั้งมอบหมายและชี้แจงขั้นตอนการทำภาระงานในการสร้างข้อโต้แย้งให้กับนักเรียน โดยในขั้นนี้นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบในขั้นต่อไป

ขั้นนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ ควรใช้เอกสาร (handout) กับคำแนะนำโดยย่อที่แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน เช่นบางสิ่งบางอย่างที่ทำให้นักเรียนประหลาดใจ หรือเป็นปัญหาสำหรับนักเรียนเพื่อใช้สำรวจตรวจสอบ และใช้คำถามที่ต้องการให้นักเรียนตอบ โดยเอกสารที่นำมาให้นักเรียนนั้นประกอบด้วยข้อมูล ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียน และเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินคุณภาพของข้อโต้แย้งของนักเรียน เช่น ความเพียงพอของคำอธิบาย คุณภาพของหลักฐาน เป็นต้น

(2) **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** (Generation of a tentative argument) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยการทำงานเป็นกลุ่มประมาณ 3-4 คน จากนั้นร่วมกันเสนอ อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประเมินข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และข้อมูลจากเอกสารความรู้ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ในขั้นที่ 1 มาใช้เพื่อสร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม โดยข้อโต้แย้งจะประกอบด้วย 1) ข้อสรุป คือ คำตอบของคำถามในการศึกษา 2) หลักฐาน เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาเพื่อสนับสนุนข้อสรุป โดยลักษณะของข้อมูลอาจจะเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ และ 3) การให้เหตุผลเป็นข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน หลังจากนั้นเขียนข้อโต้แย้งที่ได้ลงในสื่อที่แสดงได้ง่ายและมองเห็นชัด เช่น กระดาษฟลิปชาร์ท เป็นต้น

ขั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้ถูกออกแบบเพื่อมุ่งเน้นความสนใจของนักเรียนในเรื่องความสำคัญของการโต้แย้งในวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้เรียนรู้ว่านักวิทยาศาสตร์ต้องสามารถสนับสนุนการสรุป คำอธิบาย หรือคำตอบในคำถามการวิจัยที่ต้องมีหลักฐานและคำชี้แจงเหตุผลอย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนามาตรฐานใหม่สำหรับการพิจารณาหลักฐานและความเพียงพอของการให้เหตุผลที่จะอธิบายว่าหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อสรุปอย่างไรและทำไมหลักฐานนั้นสมควรใช้สนับสนุนข้อสรุป

คณะผู้วิจัยได้แนะนำอีกว่าการทำงานประเภทนี้เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักเรียน เพราะว่าไม่บ่อยนักที่นักเรียนจะทำความเข้าใจธรรมชาติของปรากฏการณ์โดยการใช้ข้อมูลดิบ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูควรจะเดินดูตามกลุ่มต่างๆ เพื่อเป็น

แหล่งข้อมูลประเภทบุคคลและเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนกำลังคิดในสิ่งที่กำลังทำและทำไมจึงทำเช่นนั้น โดยครูอาจจะใช้คำถามเพื่อกำกับนักเรียนไม่ให้ออกนอกประเด็น

(3) **กิจกรรมการโต้แย้ง** (The argumentation session) เป็นขั้นที่จัดให้นักเรียนได้มีการโต้แย้ง โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้โต้แย้งระหว่างกัน โดยวิธีการโต้แย้งจะมีการกำหนดประเด็นการโต้แย้ง นิยามคำสำคัญที่เกี่ยวกับประเด็นการโต้แย้ง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้ง และนักเรียนกลุ่มอื่นแสดงความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งนั้นพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ความแตกต่างระหว่างความคิดที่ใช้เกณฑ์ในการประเมินวิทยาศาสตร์ และพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น เช่น การจัดการความคิดกับความสงสัยข้างต้นและการยืนยันการให้เหตุผลและข้อสันนิษฐานที่มีความชัดเจนและการยืนยันข้อกล่าวอ้างที่ถูกสนับสนุนด้วยเหตุผลที่ถูกต้องและมีหลักฐานที่เชื่อถือได้

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญที่ให้ข้อสังเกตคือ กิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ค่อยคุ้นเคยสำหรับนักเรียน ซึ่งนี่เป็นเหตุผลที่ว่าทำไมนักเรียนต้องการสร้างข้อโต้แย้งของนักเรียนในสื่อที่ผู้อื่นสามารถเห็นได้ เพราะว่าจะได้ช่วยมุ่งความสนใจของนักเรียนไปที่การประเมินหลักฐานและการให้เหตุผลมากกว่าการเข้ามาของแหล่งของความคิดอื่นๆ

(4) **การทำความเข้าใจภายในกลุ่มและการสร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล** (Group sense-making & individual argument) เป็นขั้นที่ครูสรุปการอภิปรายโดยการเชื่อมโยงกิจกรรมและมโนทัศน์หลักของเรื่องที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อโต้แย้งของกลุ่มใหม่อีกครั้ง ด้วยการประเมินหลักฐาน การให้เหตุผลและข้อสรุปของกลุ่มอื่นทั้งหมด และนักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปในสิ่งที่ได้เรียนรู้ และการได้มาซึ่งความรู้ตามความเข้าใจของตนเอง

ขั้นสุดท้ายของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ ครูควรจะชี้แนะนักเรียนในประเด็นที่จำเป็นต่อข้อสรุปที่เพียงพอ วิธีการประเมินหลักฐานที่ดีและเหตุผลอื่นๆ ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อสรุป ทั้งนี้นักเรียนควรทำการประเมินและสรุปข้อโต้แย้งให้มีคุณภาพดีเท่ากับกลุ่มอื่นๆ โดยครูควรสรุปการอภิปราย โดยการเชื่อมโยงกิจกรรมและมโนทัศน์หลักในเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนเพื่อช่วยในการทำความเข้าใจของนักเรียน

ครูควรให้โอกาสกับนักเรียนในสิ่งที่เรียนรู้และการได้มาซึ่งความรู้นั้นโดยการให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งของตนเอง ซึ่งการเขียนข้อโต้แย้งนี้ถูกรวมอยู่ในรูปแบบการสร้างข้อโต้แย้ง เพราะว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก

นักวิทยาศาสตร์ต้องสามารถแลกเปลี่ยนข้อสรุปของงานวิจัยของตนเองผ่านการเขียนได้ สำหรับนักเรียนแล้วการเขียนจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (metacognition) ช่วยปรับปรุงแก้ไขความเข้าใจเนื้อหาของนักเรียน และช่วยให้เรียนรู้ในการคิดได้อย่างชัดเจนและกระชับยิ่งขึ้น (Wallace et al., 2004 cited in Sampson and Gerbino, 2010) และประการสุดท้ายที่สำคัญที่สุดคือการเขียนจะทำให้ความคิดของนักเรียนแต่ละคนชัดเจนมากขึ้น โดยครูจะประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

1.4.2 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

จากขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง สามารถสรุปบทบาทครูและบทบาทนักเรียนได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การระบุภาระงาน (Identification of the task) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจโดยใช้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่และมอบหมายภาระงานในการสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน	1. นำเสนอประเด็นปัญหากระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย 2. เชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่โดยการใช้คำถาม เป็นต้น 3. กำหนดประเด็นในการโต้แย้ง 4. มอบหมายและชี้แจงขั้นตอนการทำภาระงานในการสร้างข้อโต้แย้ง	1. ศึกษาประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอ 2. ตอบคำถามที่แสดงถึงความรู้เดิมที่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ 3. มีส่วนร่วมในการตอบคำถามในชั้นเรียน 4. ระบุภาระงานและประเด็นที่ต้องศึกษา 5. ออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
2. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Generation of a tentative argument) เป็นขั้นสำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารประกอบการเรียนที่ครูจัดเตรียมไว้เพื่อใช้สร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม	1. อธิบายนิยามที่จำเป็นที่ระบุในข้อโต้แย้ง 2. กำกับการทำงานของนักเรียน 3. ให้คำแนะนำนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้ง 4. ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้ง	1. ดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารประกอบการเรียนที่ครูจัดเตรียมข้อมูลให้ และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 2. สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวที่ประกอบด้วย ข้อสรุป หลักฐาน และการให้เหตุผล
3. กิจกรรมการโต้แย้ง (The argumentation session) เป็นขั้นนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มนักเรียน เพื่อรับการประเมินและรับฟังความคิดเห็นของกลุ่มอื่น จากนั้นจึงสรุปผลการโต้แย้ง	1. ดำเนินการและควบคุมเวลาการนำเสนอข้อโต้แย้งของนักเรียน 2. แนะนำและกำกับนักเรียนในการแลกเปลี่ยนความคิดกับสมาชิกกลุ่มอื่น 3. ให้แนวทางในการสรุปประเด็นการโต้แย้งของนักเรียน	1. นำเสนอข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มต่อเพื่อนร่วมชั้น 2. รับฟัง ประเมินข้อโต้แย้งของกลุ่ม และเสนอความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น 3. ร่วมกันสรุปประเด็นการโต้แย้งทั้งชั้นเรียน
4. การทำความเข้าใจภายในกลุ่มและการสร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล (Group sense-making & individual argument) เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มแก้ไข	1. กระตุ้นให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญในเรื่องที่ศึกษา 2. ประเมินการเขียนข้อโต้แย้งของนักเรียน	1. แก้ไขปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่มจากการรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกกลุ่มอื่น 2. เขียนสรุปคำอธิบายที่เป็น

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่มและเขียนสรุปคำอธิบายที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล	3. ให้ข้อมูลย้อนกลับ บอกข้อดีและข้อบกพร่องแก่นักเรียน	หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย (1) ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) องค์ประกอบสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ (3) แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ามีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Eysenck, Arnold and Meili (1972: 16) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง “ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามจำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการกระทำที่อาศัยความสามารถทางร่างกายและสมอง”

Good (1973: 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่าหมายถึง “การบรรลุผลสำเร็จหรือความสามารถของการปฏิบัติในด้านทักษะหรือองค์ความรู้ ซึ่งเป็นความก้าวหน้าในการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง”

ราชบัณฑิตยสถาน (2551: 254) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ กระบวนการและเจตคติที่เกิดจากการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้”

นอกจากนี้นักการศึกษาไทย ยังได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ไว้โดยสรุปดังนี้

“ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement) หมายถึง ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งผลที่ได้

จากการสอนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย" (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537: 295; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 125)

กล่าวโดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ขนาดของความสำเร็จหรือความสามารถอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย

2.2 องค์ประกอบสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นั้นจะประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

Bloom (1965: 93) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมอง หรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (affective domain) คือ มุ่งพัฒนาทักษะด้านจิตใจหรือความรู้เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

3. ด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติทักษะจนมีความชำนาญในการดำเนินงานต่าง ๆ

Klopfer (Bloom et al, 1971: 561-580) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ไว้ โดยประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง แนวโน้มและลำดับขั้นตอน การจำแนกประเภท จัดประเภทและเกณฑ์ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีหรือแนวคิดที่สำคัญ

ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และการแปลความรู้จากสัญลักษณ์ไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

2. กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ คือ

2.1 การสังเกตและการวัด

2.2 การมองปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

2.3 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลอง

3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน วิทยาศาสตร์ต่างสาขา และปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (Manual skill) ผู้เรียนต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ การจัดเครื่องมือให้เกิดการคล่องแคล่วในการปฏิบัติ ไม่ให้เกิดอันตราย

5. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and Interests) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นแนวทางของความคิดแนวหนึ่ง การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความสนใจในวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม และการพัฒนาความสนใจที่จะเลือกอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

6. การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (Orientation) ผู้เรียนมีจิตใจเป็นนักวิทยาศาสตร์มีโลกทัศน์ที่กว้างขวางและปรับตัวได้ดี

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 361) ได้ปรับการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวของ Klopfer ใหม่เพื่อให้เห็นถึงจุดประสงค์ทั้ง 3 ด้านของ Broom ให้ชัดเจนขึ้น โดยได้จำแนกจุดประสงค์การสอนวิทยาศาสตร์ หรือพฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้และความคิด ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1.1 ความรู้ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงปลีกย่อยเฉพาะราย ความรู้เกี่ยวกับเทอมเฉพาะหรือคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับเทอมข้อตกลงที่ใช้ในวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนและแนวโน้ม ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภทและเกณฑ์ที่ใช้ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวคิดสำคัญ

1.2 ความเข้าใจ ได้แก่ ความสามารถในการอธิบายและยกตัวอย่างประกอบ ความสามารถในการแปลความหมายของความรู้จากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง และความสามารถในการคงความเข้าใจในความรู้นั้น แม้จะถูกนำไปใช้ในเรื่องอื่นก็ตาม

1.3 ทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทักษะการคิด ได้แก่ ความสามารถในการมองเห็นปัญญา ความสามารถในการตั้งปัญหา ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุกับเวลา ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย ทักษะการลงความเห็น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการพยากรณ์

1.4 การนำความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ การนำไปใช้แก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่เรียนมาแล้ว แต่เปลี่ยนสถานการณ์ใหม่ในสาขาวิชาเดียวกัน การนำไปใช้แก้ปัญหาที่แปลกใหม่ในวิทยาศาสตร์ด้วยกันและในสาขาวิชาเดียวกัน การนำไปใช้แก้ปัญหาที่แปลกใหม่ในวิทยาศาสตร์ด้วยกัน แต่ต่างสาขากัน และการนำไปใช้แก้ปัญหานอกเหนือสาขาวิทยาศาสตร์

2. ด้านทักษะการปฏิบัติ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการติดตั้งเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เทคนิควิธีในการปฏิบัติการด้วยความปลอดภัย ทักษะการทดลอง และการนำทักษะการปฏิบัติไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. ด้านความสนใจ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความสนใจในวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มีความสนในการอ่านเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ มีความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ มีความชื่นชมยินดีในผลงานวิทยาศาสตร์ และมีความสนใจอยากประกอบอาชีพทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

3.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มีความอยากรู้อยากเห็น ชอบสงสัยและชอบซักถาม มีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรที่ไม่สมเหตุสมผล มีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

และเปลี่ยนความคิดเมื่อมีหลักฐานอื่นดีกว่า มีความซื่อตรง ยึดความถูกต้องตามความเป็นจริงเป็นหลัก มีความพยายามและความอดทนในการค้นหาคำตอบ มีการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนที่จะตัดสินใจลงข้อสรุปใดๆ ไม่โอ้อวด และไม่เชื่อสิ่งที่อยู่เหนือธรรมชาติ

4. ด้านการมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (ธรรมชาติ วงจำกัด และผลกระทบของวิทยาศาสตร์) ได้แก่ การยอมรับในหลักความจริงพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติและความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ การยอมรับความรู้วิทยาศาสตร์โดยลำดับนั้น เป็นผลของการสืบต่อความรู้ของนักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อน การยอมรับในข้อจำกัดและขอบเขตของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อมวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 11-15) ได้เสนอเป้าหมายสำคัญที่ต้องการวัดประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งจำแนกได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหาหรือแนวคิดหลัก ซึ่งความรู้ความคิดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยแต่ละด้านสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังนี้

1.1 ความรู้ คือการรู้ข้อเท็จจริง จำได้ หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสาระสนเทศ

1.2 ความเข้าใจ คือ การมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

1.3 การนำไปใช้ คือ การนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

1.4 การวิเคราะห์ คือ การแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

1.5 การสังเคราะห์ คือ การรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

1.6 การประเมินค่า คือ การตัดสินใจเลือก

2. กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะเชาว์ปัญญาและทักษะปฏิบัติ โดยกระบวนกาเรียนรู้แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

2.1 ทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การรับรู้ เตรียมความพร้อม การตอบสนอง การฝึกฝน การปฏิบัติจนทำได้ การเชื่อมโยงทักษะ

2.2 กระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้

3. เจตคติ หมายถึง จิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ด้าน ดังนี้

3.1 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนาในตัวผู้เรียน โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.2 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 126-130) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการตามหลักการของ Klopfer วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

1.1 พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องต่างๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือและการฟังคำบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 9 ประเภท คือ ความรู้เดี่ยว (Fact) มโนทัศน์ (Concept) หลักการและกฎวิทยาศาสตร์ (Principle and Law) ข้อตกลง (Assumption) ลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่างๆ เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่างๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ศัพท์วิทยาศาสตร์ และทฤษฎี

1.2 พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ ความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่างๆ คือ เป็นการบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา

1.2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

1.3 พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4 พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นด้วยความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินการ เช่น การใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ ขณะทำการทดลองหรือปฏิบัติการโครงการใดโครงการหนึ่ง

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการและสถาบันต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการและสถาบันต่างๆ

แหล่งข้อมูล / องค์ประกอบ	Bloom (1965)	Klopfer (1971)	สุวัฒก์ นิยมค้า (2531)	สสวท. (2546)	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเยาว์ ยินดีสุข (2548)
ด้านพุทธิพิสัย	1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ 6) การประเมินค่า	1) ความรู้ความเข้าใจ 2) กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) ทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้และทักษะกระ บวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา	1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ 6) การประเมินค่า	1) ด้านความรู้ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
ด้านทักษะพิสัย	ความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสมอง	ทักษะปฏิบัติการใช้เครื่องมือ	ทักษะการปฏิบัติ	กระบวนการเรียนรู้	ทักษะพิสัย
ด้านจิตพิสัย	ความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว	เจตคติและความสนใจ	ความสนใจและเจตคติทางวิทยาศาสตร์	เจตคติ	จิตพิสัย
		การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์	การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์		

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่านักวิชาการและสถาบันต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้แนวคิดของ Bloom และ Kloper ในการแบ่งองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยสามารถจัดกลุ่มองค์ประกอบตามลักษณะพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย ส่วน Klopfer (1972) และสุวัฒก์ นิยมค้า (2531) ได้กล่าวถึงการมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมาอีก 1 ด้านขององค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย

2.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีการที่ใช้กันมากและเหมาะสมที่สุดในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นคือ การสอบ (Testing) และเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับการสอบ คือ แบบสอบ (Test) โดยแบบสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนด้านพุทธิพิสัยเพียงด้านเดียว โดยประเภทของแบบสอบที่ครูสร้างขึ้นเองมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542; สมนึก ภัททิยธนี, 2541: 73-82)

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบถูกผิด เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ข้อสอบประเภทนี้มีความคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (stem) กับตอนเลือก (choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดี นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากการศึกษาเกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา ที่ใช้เป็นแนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ใช้ตัวเลขแสดงระดับผลการเรียนเป็น 8 ระดับ แนวการให้ระดับผลการเรียน 8 ระดับ และความหมายของแต่ละระดับดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552)

ตารางที่ 3 เกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา

ระดับผลการเรียน	ความหมาย	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ
4	ดีเยี่ยม	80-100
3.5	ดีมาก	75-79
3	ดี	70-74
2.5	ค่อนข้างดี	65-69
2	ปานกลาง	60-64
1.5	พอใช้	55-59
1	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	50-54
0	ต่ำกว่าเกณฑ์	0-49

3. การคิดเชิงเหตุผล

การศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงเหตุผลประกอบด้วย (1) ความหมายของการคิดเชิงเหตุผล (2) ตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และ (3) แนวทางการวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของการคิดเชิงเหตุผล

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงเหตุผลนั้น พบว่าในภาษาอังกฤษใช้คำว่า reasoning thinking และ logical thinking นอกจากนี้นักการศึกษาไทยได้ใช้คำที่แตกต่างกันไป เช่น การคิดเชิงเหตุผล การคิดเชิงตรรกะ การคิดอย่างมีเหตุผล ความคิดอย่างเป็นเหตุผล การคิดให้เหตุผล เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า การคิดเชิงเหตุผล โดยความหมายที่ได้ศึกษามีรายละเดียดดังนี้

Sery and Nuccetelli (2008: 4) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดเชิงเหตุผลว่า “การคิดเชิงเหตุผลเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลที่อาศัยความเชื่อหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งในการสนับสนุนอีกความเชื่อหนึ่ง”

Audiblox International (2011: online) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดเชิงเหตุผลว่า “การคิดเชิงเหตุผลเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้การให้เหตุผลในการได้มาซึ่งข้อสรุป โดยปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงเหตุผลจำเป็นต้องมีโครงสร้าง มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และมีความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล”

จำนง วิบูลย์ศรี (2536: 23; 2538: 78)aกล่าวถึงความหมายของการคิดเชิงเหตุผลว่า “การคิดเชิงเหตุผล คือ การคิดที่ต้องอาศัยหลักการหรือข้อเท็จจริงที่ถูกต้องมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ”

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2544: 109) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดเชิงเหตุผลว่า “การคิดเชิงเหตุผล คือ การคิดโดยใช้เหตุผลแบบนิรนัย หรืออุปนัย”

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เหตุผล (reasoning) นั้น มีความหมายในทำนองเดียวกันกับ reasoning thinking และ logical thinking ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความหมายของนักการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้เหตุผลซึ่งสามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

Holyoak and Morrison (2005: 2) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเป็นกระบวนการของการอนุมานหรือการลงข้อสรุปจากข้อมูลเบื้องต้นบางข้อมูลหรือข้ออ้าง (premise) ที่ยกมาข้างต้น”

Santrock (2006: 287) ให้ความหมายของการใช้เหตุผลว่า “การใช้เหตุผลเป็นการคิดเชิงเหตุผล (logical thinking) ที่ใช้การอุปนัยหรือการนิรนัยในการเข้าถึงข้อสรุป”

Adler (2008: 1) กล่าวว่า “การใช้เหตุผล เป็นการถ่ายโอนความคิด ซึ่งความเชื่อหรือความคิดบางความคิดถูกจัดเตรียมไว้เพื่อเป็นฐานหรือเหตุผลสำหรับการได้มาซึ่งความเชื่อหรือความคิดอื่น”

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงเหตุผลและการใช้เหตุผลข้างต้น ทำให้พบว่าทั้งสองมีความหมายในทำนองเดียวกัน โดย Holyoak and Morrison (2005), Sery and Nuccetelli (2008), Adler (2008) และ จำนง วิบูลย์ศรี (2536, 2538) กล่าวในทำนองเดียวกันว่า การคิดเชิงเหตุผลนั้น เป็นกระบวนการทางปัญญาที่อาศัยความเชื่อ หลักการ ข้อมูลเบื้องต้นมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสนับสนุนอีกความเชื่อหนึ่ง หรือใช้ในการลงข้อสรุปหนึ่ง ซึ่งในนิยามความหมายของ Audiblox International (2011) พบว่าการคิดเชิงเหตุผลจำเป็นต้องมีโครงสร้าง มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และมีความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล โดย Santrock (2006), ทิศนา แขมมณี และคณะ (2544) นั้นกล่าวว่า การคิดเชิงเหตุผลนั้นต้องอาศัยการใช้เหตุผลเชิงนิรนัยและการใช้เหตุผลเชิงอุปนัยในการได้มาซึ่งข้อสรุปจากข้างต้นสามารถสรุปความหมายของการคิดเชิงเหตุผลได้ดังนี้ คือ การคิดเชิงเหตุผลเป็นกระบวนการที่อาศัยความเชื่อ หลักการ หรือข้อมูลเบื้องต้นมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในสนับสนุนอีกความเชื่อหนึ่ง หรือใช้ในการลงข้อสรุป โดยอาศัยหลักการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัยในการได้มาซึ่งข้อสรุปนั้นอย่างสมเหตุสมผล

3.2 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

จากความหมายของการคิดเชิงเหตุผลทำให้สามารถสรุปตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้ดังนี้

1) การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย
2) การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย

โดยตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลแต่ละตัวบ่งชี้ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย

จากการศึกษาความหมายของการใช้เหตุผลเชิงนิรนัยของนักการศึกษาต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

Lawson (1995: 22) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงผลเชิงนิรนัยเป็นกระบวนการทางปัญญาของการเชื่อมโยงสมมติฐานหรือข้อสรุปโดยทั่วไปกับการทดลองหรือการสังเกตที่ถูกเสนอเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้”

Robertson (1999: 65) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงนิรนัยเป็นการใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการอนุมานข้อสรุปเฉพาะ”

Santrock (2006: 287-288) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย เป็นการใช้เหตุผลจากความรู้ทั่วไปสู่ความรู้ที่เฉพาะเจาะจงหรือความรู้เฉพาะหน่วย กล่าวคือ เป็นการใช้ กฎ ทฤษฎี หรือหลักการในการอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุปที่เป็นความรู้เฉพาะหน่วย”

Herr (2008: 107) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงนิรนัย เป็นกระบวนการลงข้อสรุปเฉพาะเรื่องโดยการประยุกต์หลักการโดยทั่วไป กล่าวคือเป็นการได้มาซึ่งการทำนายเกี่ยวกับกรณีเฉพาะจากหลักการต่างๆ ที่กำหนดมาให้”

Bilica and Flores (2009: 36) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย เป็นการให้เหตุผลจากมโนทัศน์ทั่วไปสู่มโนทัศน์เฉพาะ”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-75) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง หรือความรู้เฉพาะหน่วย นั่นก็คือการใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้รับคือ ความรู้ใหม่”

ทิศนา แขมมณีและคณะ (2544: 144) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย คือการคิดจากหลักทั่วไปสู่ข้อเท็จจริงย่อยๆ ”

จากข้างต้นเห็นได้ว่านักการศึกษาทุกท่านได้ให้ความหมายของการใช้เหตุผลเชิงนิรนัยไปในทำนองเดียวกัน คือ การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย เป็นกระบวนการคิดที่ใช้ข้ออ้าง (premise) ซึ่งอยู่ในรูปของความรู้ มโนทัศน์ กฎ ทฤษฎี หรือหลักการโดยทั่วไป มาใช้ในการสนับสนุน อธิบาย เพื่อเชื่อมโยงสู่ข้อสรุปที่เป็นความรู้เฉพาะ ซึ่งชัชชัย คุ้มทวีพร (2539) ได้อธิบายเพิ่มเติมในการใช้เหตุผลเชิงนิรนัยว่า ถ้าหากข้ออ้างที่ใช้นำมาอ้างเหตุผลเป็นจริง ก็จะได้ข้อสรุปที่เป็นจริงด้วย

3.2.2 การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย

จากการศึกษาความหมายของการใช้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักการศึกษาต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

Lawson (1995: 19) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงอุปนัยเป็นกระบวนการทางปัญญาของการได้มาซึ่งข้อสรุปโดยทั่วไปจากชุดของการสังเกตเฉพาะซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด”

Robertson (1999: 65) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงอุปนัยเป็นการสรุปอ้างอิงจากข้อเท็จจริงที่ยกมาโดยเฉพาะ”

Santrock (2006: 287-288) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย เป็นการใช้เหตุผลจากความรู้เฉพาะหน่วยสู่ความรู้โดยทั่วไป กล่าวคือ การใช้เหตุผลเชิงอุปนัยประกอบด้วยการลงข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของหมวดหมู่ทั้งหมดบนฐานของการสังเกตเพียงองค์ประกอบบางองค์ประกอบ”

Herr (2008: 107) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย เป็นกระบวนการของการสรุปนัยทั่วไปจากข้อมูลสารสนเทศเฉพาะ กล่าวคือเป็นการลงข้อสรุปจากธรรมชาติของโลกโดยการสังเกตและการทดลอง”

Bilica and Flores (2009: 36) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย เป็นการให้เหตุผลที่อาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต ทดลอง แล้วนำข้อมูลนั้นมาสรุป”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-75) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป”

ทิศนา แขมมณีและคณะ(2544: 144) กล่าวว่า “การใช้เหตุผลเชิงอุปนัย คือการคิดจากข้อเท็จจริงย่อยๆ ไปสู่หลักการทั่วไป”

จากข้างต้นเห็นได้ว่านักการศึกษาส่วนใหญ่กล่าวถึงความหมายของการใช้เหตุผลเชิงอุปนัยไปในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ การใช้เหตุผลเชิงอุปนัยเป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงข้อเท็จจริงย่อยๆ หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลอง มาใช้ในการอนุมานสู่ข้อสรุปซึ่งเป็นหลักการทั่วไป โดยชัชชัย คุ้มทวีพร (2539) ได้อธิบายเพิ่มเติมในทำนองที่ว่า ข้ออ้างที่นำมาสนับสนุนข้อสรุปนั้น เป็นการสนับสนุนข้อสรุปเพียงบางส่วน ดังนั้นจึงมีโอกาสที่ข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปอาจจะเป็นเท็จก็ได้ แต่ถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริง ข้อสรุปที่ได้ก็จะมีโอกาสเป็นจริงสูง

3.3 แนวทางในการวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

แบบวัดที่ใช้มีลักษณะการกำหนดสถานการณ์ย่อยๆ แล้วตอบคำถามแบบปรนัย 5 ตัวเลือก โดยในการสร้างแบบสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลนั้นยึดหลักการสร้างแบบสอบตามตัวชี้วัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล ดังนี้

3.3.1 แนวทางในการวัดความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงนิรนัย

การวัดความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงนิรนัยนั้นอาศัยหลักการให้เหตุผลแบบตรรกบท (syllogism) ที่มีลักษณะสำคัญคือ ถ้าหากข้ออ้างข้างต้นเป็นจริงแล้วข้อสรุปก็จะเป็นจริงด้วย โดยรูปแบบการให้เหตุผลแบบตรรกบทแบบดั้งเดิมนั้นเป็นรูปแบบตรรกะของ Aristotle ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปจากข้ออ้างหรือประโยคอ้าง (premise) โดยมีรูปแบบดังนี้ (Evans, 2005: 169)

ข้ออ้างแรก C ทั้งหมด คือ B
ข้ออ้างที่สอง A ไม่ใช่ B
ข้อสรุป ดังนั้น A ไม่ใช่ C

รูปแบบของการให้เหตุผลเชิงนิรนัยนั้นประกอบประโยคตรรกศาสตร์ 3 ประโยค โดยที่สองประโยคแรกเป็นประโยคอ้างหรือข้ออ้าง และประโยคที่สามเป็นข้อสรุป ดังตัวอย่างของ Herr (2008: 166) เรื่องวงจรไฟฟ้าในวิชาฟิสิกส์ ดังนี้

ตัวอย่าง การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย เรื่องวงจรไฟฟ้า
ข้ออ้างแรก: กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าและแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า (I = V/R)
ข้ออ้างที่สอง: ความต้านทานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ามีขนาดเป็น 2 เท่า
ข้อสรุป: ดังนั้น กระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเป็นครึ่งหนึ่ง

3.3.2 แนวทางในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย

การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยส่วนใหญ่โดยใช้วิธีการของ Mill (Mill's Method) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการอุปนัย 4 วิธีการ ดังนี้ (Mill, 1970: 478-502)

1) วิธีการหาความสอดคล้อง (Method of Agreement)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กัน โดยการหาความสอดคล้องของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง ซึ่งถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้ง และทำให้ได้ผลอย่างเดียวกันทุกครั้ง

ก็สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุนั้นเป็นสาเหตุของผลนั้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากลูกถูกแม่ตีหลายครั้ง และลูกก็เจ็บทุกครั้งที่ถูกแม่ตี ลูกก็สามารถสรุปได้ว่า การตีเป็นสาเหตุของความเจ็บ

2) วิธีการหาความแตกต่าง (Method of Difference)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นแตกต่างไปจากเดิม โดยการหาความแตกต่างของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง กล่าวคือ ถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้ง และผลที่เกิดขึ้นเป็นผลอย่างเดียวกันทุกครั้ง ต่อมามีสาเหตุอื่นแทรกเข้ามาแล้วทำให้เกิดผลที่แตกต่างออกไป เราก็สามารถสรุปได้ว่า สาเหตุที่แทรกมาเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลที่แตกต่างออกไป เช่น ถ้าเราเคยถูกแม่ตีทุกครั้งและรู้สึกเจ็บทุกครั้ง ครั้งหลังสุดเรารู้ตัวก่อนจึงนุ่งกางเกงข้างในบุหนัง เมื่อถูกแม่ตีแล้วรู้สึกว่าคัน จึงสรุปได้ว่า การนุ่งกางเกงบุหนังไว้ข้างในเป็นสาเหตุของอาการคัน วิธีการหาความสอดคล้องและวิธีการหาความแตกต่างนั้น ส่วนมากแล้วต้องรู้ทั้งสาเหตุที่สอดคล้องและที่แตกต่างร่วมกัน

3) วิธีการหาส่วนที่เหลือ (Method of Residues)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุในประสบการณ์ครั้งเดียวกัน โดยถ้ามีสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าเรารู้ว่าสาเหตุใดทำให้เกิดผลใดแล้ว เราสามารถที่จะแยกเหตุนั้นออกไปได้และสาเหตุที่เหลือจะเป็นสาเหตุของผลที่เหลือ

4) วิธีการหาความแปรผัน (Method of Concomitant Variation)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุเมื่อระดับความเข้มข้นของสาเหตุแตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือ เหตุการณ์บางเหตุการณ์นั้น แม้ว่าสาเหตุเดียวกันก็ไม่ใช่ว่าจะให้ผลอย่างเดียวกันเสมอ เนื่องจากระดับความเข้มข้นของสาเหตุเปลี่ยนไปหรือแตกต่างไปจากเดิม ทำให้ผลที่เกิดขึ้นนั้นแตกต่างไปด้วย เช่น ถ้ารับประทานยาแก้ปวด 1 เม็ด แล้วไม่มีผลอะไรเกิดขึ้นเลย ถ้ารับประทานยาแก้ปวด 2 เม็ด ทำให้หายปวดศีรษะได้ แต่ถ้ารับประทานยาแก้ปวด 10 เม็ด ก็ทำให้เสียชีวิตได้ เป็นต้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุหลาบวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 33 คน ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีคะแนนการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 4 ครั้ง จากการสังเกตจำนวน 5 ครั้ง

งานวิจัยต่างประเทศ

Brown and Campione (1990) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สังคมของการเรียนรู้และการคิด หรือบริบทที่ผ่านชื่ออื่นๆ (Communities of Learning and Thinking, or A Context by Any Other Name) ผลการวิจัยพบว่า การโต้แย้งในบริบทของชั้นเรียนที่ซึ่งนักเรียนเป็นส่วนร่วมในสังคมของนักเรียนนั้นสามารถส่งเสริมการพัฒนากระบวนการรู้คิดขั้นสูงและความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลให้ดีขึ้น อีกทั้งช่วยสนับสนุนข้อสรุปของนักเรียนด้วยหลักฐานและประเมินคำอธิบายหรือความคิดเห็นที่เป็นตัวเลือกที่หลากหลายได้

Richmond and Striley (1996) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การให้ความหมายในชั้นเรียน: กระบวนการทางสังคมในการอภิปรายกลุ่มย่อย และการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Making Meaning in Classrooms: Social Processes in Small-Group Discourse and Scientific Knowledge Building) การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์การสนทนาของนักเรียนในการทำงานกลุ่มระหว่างปฏิบัติการทดลอง จำนวน 4 การทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความยากลำบากของนักเรียนในการเผชิญกับการพัฒนาสิ่งที่จำเป็นสำหรับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในผ่านการเจรจาต่อรองตาม

บทบาททางสังคม รวมถึงผลของบทบาททางสังคมต่อวิธีการเข้าสู่และพัฒนาการโต้แย้ง การวิจัยนี้ทดลองกับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 8 กลุ่ม โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ของในการสร้างข้อโต้แย้งได้ดีขึ้น 2) บทบาททางสังคมที่มีรูปแบบเฉพาะและลักษณะความเป็นผู้นำในการทำงานกลุ่มมีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างมาก ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการสร้างความรู้ของนักเรียนนั้นสามารถพัฒนาได้จากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และการมีปฏิสัมพันธ์ในสังคมวิทยาศาสตร์

Hogan, Nastasi and Pressley (2000) ได้ทำการวิจัยเรื่องรูปแบบการอภิปรายและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบร่วมมือในการสนทนากับเพื่อนและการแนะนำของครู (Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของการอภิปราย รูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์และการให้เหตุผลที่ซับซ้อนของนักเรียนในการสร้างรูปแบบทางปัญญาของสสารในธรรมชาติด้วยการทำงานของนักเรียนเองและการทำงานที่มีครูให้คำแนะนำ ผลการวิจัยพบว่า การสนทนาที่มีครูให้คำแนะนำทำให้นักเรียนมีระดับของการให้เหตุผลและคำอธิบายที่มีคุณภาพที่สูงขึ้น แต่ในการสนทนากับเพื่อนนั้นพบว่ามีแนวโน้มในการสร้างและการสำรวจค้นหาที่ดีมากกว่า นอกจากนี้การอภิปรายร่วมกับเพื่อนภายในกลุ่มจะมีความแปรผันมาก โดยเพื่อนช่วยให้ระดับการให้เหตุผลของนักเรียนสูงขึ้นได้

Osborne, Erduran and Simon (2004) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การยกระดับคุณภาพของการโต้แย้งในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ (Enhancing the Quality of Argumentation in School Science) งานวิจัยที่นี้มุ่งศึกษาการออกแบบและการประเมินสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ที่สนับสนุนการสอนและการเรียนรู้การโต้แย้งในบริบทวิทยาศาสตร์ ทำการศึกษาระหว่างปี ค.ศ.1999-2001 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของ London ดำเนินการวิจัย 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 เป็นการทำงานกับกลุ่มครูที่สอนวิทยาศาสตร์ 12 กลุ่ม มุ่งเน้นที่การพัฒนากลวิธีและสื่อต่างๆ ที่ใช้ในการส่งเสริมการโต้แย้งในชั้นเรียน และเพื่อที่จะสนับสนุนและประเมินพัฒนาการด้านการสอนการโต้แย้งของครู ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าครูส่วนใหญ่มีการพัฒนาการใช้การโต้แย้งข้ามปีอย่างมีนัยสำคัญ และในระยะที่ 2 มุ่งเน้นให้ครูสอนกลุ่มการทดลองที่มีขนาดเล็กจำนวน 9 บทเรียนที่เกี่ยวข้องกับสังคมวิทยาศาสตร์ หรือการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่สอนปกติ ซึ่งจุดประสงค์ของการวิจัยในระยะที่ 2 คือเพื่อประเมินความก้าวหน้าของความสามารถใน

การโต้แย้งของนักเรียน และประเมินคุณภาพของการโต้แย้งที่พัฒนาจากรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนมีคุณภาพการโต้แย้งและมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่ดีขึ้น

Berland และ Reiser (2008) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการทำความเข้าใจการโต้แย้งและคำอธิบาย (Making Sense of Argumentation and Explanation) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งของนักเรียน โดยมุ่งเน้นที่เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (scientific practices) 3 ประการ ได้แก่ (1) ความสมเหตุสมผล (2) ความชัดเจน และ (3) การโน้มน้าวชักจูง ซึ่งจากการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถใช้หลักฐานสนับสนุนปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างสม่ำเสมอและมีความเข้าใจอย่างชัดแจ้ง แต่ไม่สามารถโน้มน้าวให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างที่ตนเองเข้าใจได้อันเป็นเป้าหมายที่ 3 ที่วางไว้ ซึ่งหากศึกษาเป้าหมายนี้ให้ลึกซึ้งขึ้นพบว่า ความสามารถในการโน้มน้าวขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและมักจะถูกขัดขวางปฏิสัมพันธ์ซึ่งมีลักษณะเฉพาะภายในห้องเรียนหรืออาจเรียกว่าการปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนแบบดั้งเดิม

Cross et al. (2008) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การโต้แย้ง: กลวิธีสำหรับการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปลูกฝังลักษณะความเป็นวิทยาศาสตร์ (Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการตรวจสอบการอภิปรายกลุ่มและการเรียนรู้รายบุคคลของนักเรียนที่เรียนชีววิทยาโปรแกรม BioBLAST!® (BB) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบของการโต้แย้ง คุณภาพของข้อมูลที่ใช้สำหรับการโต้แย้ง และลักษณะความเป็นวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับระหว่างการทำงานกลุ่มแบบร่วมมือเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการเรียนรู้และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น

Lawson (2009) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การอนุมานพื้นฐานของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งและการค้นพบ (Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์โดยใช้การอนุมานพื้นฐานซึ่งประกอบด้วย สมมตินัย (abduction) การทดสอบ

สมมตินัย (retroduction) การนิรนัย และการอุปนัยในการแนะนำรูปแบบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้ง และการค้นพบที่เป็นสากลและใช้เป็นกรอบในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลและทักษะการโต้แย้งของนักเรียนให้ดีขึ้น โดยจากการวิเคราะห์นักวิทยาศาสตร์ที่เป็นกรณีศึกษาพบว่าแต่ละกรณีแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของการให้เหตุผลและการโต้แย้งที่ถูกใช้ในระหว่างการทดสอบคำอธิบายซึ่งสามารถสรุปในรูปแบบของ ถ้า...แล้ว... ดังนั้น... โดยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยจะใช้ในการตั้งสมมติฐาน การทำนาย และการให้เหตุผลเชิงอุปนัยจะใช้ในการลงข้อสรุป

Acar and Patton (2012) ทำการวิจัยเรื่อง การโต้แย้งและทักษะการให้เหตุผลเชิงรูปนัยในการโต้แย้งที่อยู่บนฐานของการสืบสอบแบบชี้แนะแนวทาง (Argumentation and Formal Reasoning skills in argumentation based guided inquiry course) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเภทของทักษะการโต้แย้งที่พัฒนาระหว่างการเรียนการสอนการโต้แย้งที่อยู่บนฐานของการสืบสอบและเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการให้เหตุผลเชิงรูปนัย จากการวิจัยพบว่า ทักษะการคิดแย้งกับทักษะการคัดค้านของนักเรียนที่เรียนด้วยการโต้แย้งที่อยู่บนฐานของการสืบสอบมีส่วนช่วยในการพัฒนาส่งเสริมมโนทัศน์ และระหว่างการเรียนการสอนด้วยการโต้แย้งนี้ทำให้พัฒนาการด้านทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนดีขึ้นด้วย

Okumus and Unal (2012) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการโต้แย้งที่มีผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนและทักษะการโต้แย้งในวิทยาศาสตร์ (The Effects of argumentation model on students' achievement and argumentation skills in science) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสถานะของสสารและความร้อน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทักษะการโต้แย้งของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการโต้แย้ง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนเกรด 8 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 40 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังเรียนด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างสำหรับใช้ในการพิจารณาทัศนะของนักเรียนและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทักษะการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการโต้แย้งมีผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้นั้น โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และบันทึกเสียงชี้ให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะการโต้แย้งดีขึ้นเรื่อยๆ ระหว่างการเรียนการสอน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นกำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

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

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่สอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่สอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 3

แผนภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

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

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองด้านความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

X หมายถึง การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง

~X หมายถึง การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลองด้านความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ที่เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และจำนวนนักเรียนมีเพียงพอสำหรับการทดลอง นอกจากนี้ผู้บริหารและครูผู้สอนของสถานศึกษาได้ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี มีนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเลือกห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้ง 7 ห้อง มาวิเคราะห์ความ

แปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) พบว่ามีอย่างน้อย 1 ห้องเรียนที่มีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานแตกต่างไปจากห้องอื่น (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) จากนั้นทำการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) เป็นรายคู่เพื่อหาคู่ที่มีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติทดสอบ Dunnett's T_3 ผลปรากฏว่ามีห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกันจำนวน 15 คู่ คือ

ห้อง 2/1 กับ 2/3	ห้อง 2/1 กับ 2/4	ห้อง 2/1 กับ 2/5
ห้อง 2/1 กับ 2/6	ห้อง 2/1 กับ 2/7	ห้อง 2/3 กับ 2/4
ห้อง 2/3 กับ 2/5	ห้อง 2/3 กับ 2/6	ห้อง 2/3 กับ 2/7
ห้อง 2/4 กับ 2/5	ห้อง 2/4 กับ 2/6	ห้อง 2/4 กับ 2/7
ห้อง 2/5 กับ 2/6	ห้อง 2/5 กับ 2/7	ห้อง 2/6 กับ 2/7

รายละเอียดผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้ง 7 ห้องเรียนแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน

ห้องเรียน	ตารางสรุปผลการวิเคราะห์รายคู่					
	ม.2/2	ม.2/3	ม.2/4	ม.2/5	ม.2/6	ม.2/7
ม.2/1	-21.967*	0.200	0.786	4.000	4.610	4.923
ม.2/2	-	22.167*	22.752*	25.967*	26.576*	26.890*
ม.2/3	-	-	0.586	3.800	4.410	4.723
ม.2/4	-	-	-	3.214	3.824	4.137
ม.2/5	-	-	-	-	0.610	0.923
ม.2/6	-	-	-	-	-	0.313

* ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การเลือกแบบเจาะจงคือ ห้อง ม. 2/1 กับห้อง ม. 2/3 เนื่องจากเป็นห้องที่ครูผู้สอนที่รับผิดชอบในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นกำหนดกลุ่มทดลอง

คือ ห้อง ม.2/1 จำนวน 35 คน จัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และกลุ่มควบคุมคือ ห้อง ม.2/3 จำนวน 30 คน จัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ
    1.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    1.2 แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแสง ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้
    2.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
    2.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 แบบ คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล ซึ่งมีรายละเอียดการสร้างและตรวจสอบเครื่องมือแต่ละแบบ ดังนี้

1.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่องแสง โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. กำหนดโครงสร้างของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยครอบคลุมเนื้อหาเรื่องแสง และวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้าน

ความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ โดยกำหนดอัตราส่วนจำนวนข้อสอบให้เหมาะสมกับน้ำหนักของเนื้อหาแต่ละเรื่องและจำนวนชั่วโมงที่สอน ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบในแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ของเนื้อหาเรื่องแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

พฤติกรรมการเรียนรู้ / เนื้อหา	ความรู้ (ร้อยละ30)	ความเข้าใจ (ร้อยละ40)	การนำไปใช้ (ร้อยละ30)	รวม (ข้อ)
1. ความสว่าง	1	1	1	3
2. การสะท้อนของแสง	2	3	3	8
3. การหักเหของแสง	3	4	3	10
4. ทัศนูปกรณ์	1	1	1	3
5. นัยน์ตากับการมองเห็น	1	1	1	3
6. สีของวัตถุและการดูดกลืนของวัตถุสีต่างๆ	1	1	1	3
รวม (ข้อ)	9	11	10	30

4. ดำเนินการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 44 ข้อ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

5. นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา นำแบบสอบที่แก้ไขแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก และตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนี

ความสอดคล้อง IOC ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องแสง จำนวน 44 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่ใช้ได้ มีจำนวน 41 ข้อ ข้อสอบที่ต้องปรับปรุง มีจำนวน 3 ข้อ และข้อสอบที่ได้รับคำแนะนำในการปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิ มีจำนวน 23 ข้อ ซึ่งสามารถสรุปประเด็นในการแก้ไขปรับปรุงได้ดังนี้

1) ปรับภาษาและรูปภาพให้มีความถูกต้อง ชัดเจน เช่น เปลี่ยนจาก “เซนเซอร์รับภาพ” มาเป็น “ตัวรับรู้ภาพ” และเพิ่มภาพวัตถุไว้หน้านัยน์ตา เป็นต้น

2) ปรับเปลี่ยนตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกัน เช่น ข้อ ก. ลดขนาดของหลอดไฟในโคมไฟ ข้อ ข. เพิ่มขนาดของหลอดไฟในโคมไฟ เป็นต้น

3) ปรับข้อคำถามและตัวเลือกให้มีความน่าสนใจและชัดเจนมากขึ้น เช่น เพิ่มวัตถุประสงค์ของสถานการณ์ในข้อคำถาม เป็นต้น

4) ปรับพฤติกรรมการเรียนรู้ เช่น ปรับพฤติกรรมการเรียนรู้จาก “ด้านความรู้” มาเป็น “ด้านความเข้าใจ” ทั้งนี้เพราะต้องอาศัยความรู้หลายเรื่องมาใช้ในการอธิบายและทำความเข้าใจในการตอบคำถาม

6. นำแบบสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2554 ที่ผ่านการเรียนเรื่องแสงมาแล้ว จำนวน 40 คน

7. นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับและรายข้อ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ โดยการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับพิจารณาจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อพิจารณาจากค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบคือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 (Carey, 1988: 254) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.60 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) โดยข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดมีจำนวน 31 ข้อ คัดเลือกนำไปใช้จริง 30 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ใช้ได้ 10 ข้อ คัดเลือกนำไปใช้จริง 9 ข้อ โดยตัดออก 1 ข้อ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในเนื้อหาเรื่อง

นัยน์ตากับการมองเห็น จำนวน 1 ข้อ อีกทั้งมีค่าความยากที่อยู่ในเกณฑ์สูงและมีค่าอำนาจน้อยกว่าข้อสอบอีกข้อหนึ่งซึ่งเป็นข้อที่ใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาเรื่องเดียวกัน

2) ข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความเข้าใจใช้ได้ 11 ข้อ คัดเลือกนำไปใช้จริงทั้ง 11 ข้อ ตามน้ำหนักของเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้

3) ข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการนำไปใช้ ใช้ได้ 10 ข้อ คัดเลือกนำไปใช้จริงทั้ง 10 ข้อ ตามน้ำหนักของเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้

8. นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นนำไปใช้จริงในการวิจัย (ภาคผนวก ข)

1.2 แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล เป็นข้อสอบปรนัย 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนและหลังเรียน โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางในการสร้างแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

3. กำหนดโครงสร้างของแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลให้ครอบคลุมองค์ประกอบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 6 และกำหนดน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบโดยกำหนดน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบเท่ากัน คือ ร้อยละ 50

ตารางที่ 6 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และจำนวนข้อสอบของแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อสอบ(ข้อ)
การให้เหตุผลแบบนิรนัย	ความสามารถในการใช้ข้ออ้างซึ่งอยู่ในรูปของความรู้ มโนทัศน์ กฎ ทฤษฎี หรือหลักการโดยทั่วไป มาใช้ในการสนับสนุน อธิบาย เพื่อเชื่อมโยงสู่ข้อสรุปที่เป็นความรู้เฉพาะ	15

ตารางที่ 6 (ต่อ) องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและจำนวนข้อสอบของแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
การให้เหตุผลแบบอุปนัย	ความสามารถในการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงย่อยๆ หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลอง มาใช้ในการอนุมานสู่ข้อสรุปซึ่งเป็นหลักการทั่วไป	15

4. ดำเนินการสร้างแบบสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก โดยข้อสอบที่วัดการให้เหตุผลเชิงนิรนัย สร้างตามแนวคิดของ Aristotle (Evans, 2005) ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปจากข้ออ้างหรือประโยคอ้าง และการให้เหตุผลเชิงอุปนัย สร้างตามแนวคิดของ Mill (Mill, 1970) ซึ่งข้อคำถามแต่ละข้อถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ อาจมีบทความ รูปภาพ หรือคำอธิบายประกอบภาพเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น แล้วนักเรียนต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

5. นำแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่สร้างขึ้นนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษาและความตรงเชิงโครงสร้าง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

6. นำแบบสอบที่แก้ไขแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก และตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล พบว่า จากข้อสอบทั้งหมด 41 ข้อ มีข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 22 ข้อ ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้ มีจำนวน 7 ข้อ ส่วนข้อสอบที่ต้องปรับปรุงมีจำนวน 13 ข้อ โดยได้รับคำแนะนำในการปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 17 ข้อ ซึ่งสามารถสรุปประเด็นในการแก้ไขปรับปรุงได้ดังนี้

1) ปรับข้อคำถามให้มีความถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น ปรับสถานการณ์ในคำถาม จาก “ถ้าหากคุณยายรับประทานผักใบเขียวในปริมาณมากๆ อยู่เป็นประจำ” มาเป็น “เมื่อก่อนคุณยายมีอาการซึมเศร้าแต่ต่อมาคุณยายเริ่มรับประทานผักใบเขียวในปริมาณมากๆ อยู่เป็นประจำ” เป็นต้น

2) ปรับเปลี่ยนตัวเลือกและตัวลวงให้มีความน่าสนใจ และไม่ทำให้เกิดความสับสนในการเลือกคำตอบ เช่น เปลี่ยนจากเรื่องของการแปรผัน มาเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงแทน เป็นต้น

7. นำแบบสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลไปทดลองใช้

8. นำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และนำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับและรายข้อ โดยการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับพิจารณาจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson, KR-20) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อพิจารณาจากค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบคือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 (Carey, 1988: 254) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) จากการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.73 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) โดยข้อสอบที่ใช้ได้มีจำนวน 30 ข้อ เป็นข้อสอบที่ใช้วัดการให้เหตุผลนิรนัย 15 ข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 15 และข้อสอบที่ใช้วัดการให้เหตุผลแบบอุปนัย 15 ข้อ ตั้งแต่ข้อ 16 - 30 ส่วนข้อสอบที่ใช้ไม่ได้มี จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ข้อ 3, 24, 27 และ 31 เนื่องจากมีค่าความยากและอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว

9. นำแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นนำไปทดลองใช้จริงในการวิจัย (ภาคผนวก ข)

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแสง ซึ่งมี 2 แบบ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป สำหรับกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบครอบคลุมเนื้อหาสาระ จำนวนแผน จำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และวิธีสอนแบบทั่วไป รวมถึงศึกษาและวิเคราะห์สาระวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง แสง โดยเป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่วิเคราะห์จำนวน 10 แผน ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 22 คาบ รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องแสง

แผนลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	ความสว่าง	2
2	กฎการสะท้อนของแสง	2
4	การหักเหของแสง	2
5	การกระจายแสง	2
6	การหักเหของแสงผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า	3
7	การสะท้อนกลับหมดของแสง	2
8	ทัศนูปกรณ์	2
9	นัยน์ตากับการมองเห็น	2
10	สีของวัตถุและการดูดกลืนของแสง	2
	รวม	22

3. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน

การสร้างข้อโต้แย้งและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ซึ่งรายละเอียดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งสองแบบแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งและการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป

รูปแบบการเรียนการสร้างข้อโต้แย้ง	วิธีสอนแบบทั่วไป
1. **การระบุภาระงาน** เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจโดยใช้ปัญหาเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่ และมอบหมายภาระงานในการสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน	1. **ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** เป็นขั้นนำเสนอปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้คำตอบ และให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า
2. **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** เป็นขั้นสำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารประกอบการเรียนที่ครูจัดเตรียมไว้เพื่อใช้สร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม	2. **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่ครูมอบหมายด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร สำรวจตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ปฏิบัติการทดลอง เป็นต้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
3. **กิจกรรมการโต้แย้ง** เป็นขั้นนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มนักเรียน เพื่อรับการประเมินและรับฟังความคิดเห็นของกลุ่มอื่น จากนั้นจึงสรุปผลการโต้แย้ง	
4. **การทำความเข้าใจภายในกลุ่มและการสร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล** เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มแก้ไขปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่ม และเขียนสรุปคำอธิบายที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล	3. **ขั้นสรุป** เป็นขั้นที่ครูช่วยเสริมและแก้ไขมโนทัศน์ให้มีความถูกต้องและชัดเจน

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งตรวจสอบความ

เหมาะสมและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย จำนวน 41 คน พบว่านักเรียนใช้เวลาในการออกแบบการทดลองนานเกินกว่าเวลาที่กำหนด และในกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแสดงความคิดเห็นที่เห็นด้วยกับคำอธิบายของกลุ่มอื่นทั้งหมดและไม่มีข้อโต้แย้งและข้อเสนอแนะใดๆ ทั้งสิ้น ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวมาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุที่ปรับปรุงแล้วหลังจากไปทดลองใช้ครั้งแรกไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ จำนวน 28 คน พบว่านักเรียนใช้เวลาในการออกแบบการทดลองน้อยลงกว่าเดิม และมีการโต้แย้งกันมากขึ้น

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดเช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้รับคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

1) ด้านภาษา

ปรับคำ ข้อความ สัญลักษณ์ และประโยคให้สื่อความหมายชัดเจน ถูกต้อง กะทัดรัด เข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างเช่น

1.1) “ภาพแบ่งเป็น 2 ชนิด” มาเป็น “ภาพจากกระจกแบ่งเป็น 2 ชนิด”

1.2) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนมุมตกกระทบ θ_i มาเป็น θ_1 และมุมหักเห θ_t มาเป็น θ_2

2) ด้านสาระ

ปรับข้อความ และประโยคให้สื่อความหมายได้ชัดเจน ถูกต้อง กะทัดรัด เข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างเช่น

2.1) “ความสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่” มาเป็น “ความสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากบนผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่”

2.2) “ภาพจริงเป็นภาพที่เกิดจากรังสีสะท้อนหรือรังสีหักเหมาตัดกันจริง ณ จุดที่เกิดภาพจริง ภาพจริงสามารถเอาฉากรับได้” มาเป็น “ภาพจริงเป็นภาพที่เกิดจากรังสีสะท้อน

หรือรังสีหักเหมาตัดกันจริง ณ จุดที่เกิดภาพจริง ภาพจริงสามารถเอาฉากรับได้ และเห็นบนฉากเท่านั้น”

2.3) “ภาพเสมือนสามารถมองเห็นได้ด้วยตา แต่ไม่สามารถเอาฉากรับได้” มาเป็น “ภาพเสมือนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาผ่านกระจก แต่ไม่สามารถเอาฉากรับได้”

2.4) “การหักเหของแสง เป็นการเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ของแสงที่เกิดจากแสงเคลื่อนที่ทะลุผ่านรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางที่ต่างชนิดกัน เมื่อแสงเดินทางจากอากาศสู่น้ำหรือแท่งแก้ว รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก และเมื่อแสงเดินทางจากแท่งแก้วหรือน้ำสู่อากาศ รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ” มาเป็น “การหักเหของแสง หมายถึง การที่แสง(คลื่น)เดินทางจากตัวกลางที่ 1 ทะลุผ่านตัวกลางที่ 2 แล้วทำให้ความเร็วหรือความยาวคลื่นเปลี่ยน”

3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

3.1) ปรับเปลี่ยนบางกิจกรรมให้มีความเหมาะสมมากขึ้น เช่น ควรเพิ่มการทดลองจริงเรื่องการสะท้อนแสงบนกระจกเงาราบและกระจกโค้ง ก่อนการตรวจสอบผลด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์

3.2) ปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้มีความเหมาะสม เช่น เปลี่ยนจากถ่านไฟฉาย ขนาด AA มาเป็น หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าที่คงที่ เป็นต้น

7. ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลองต่อไป

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

2. ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ซึ่งการสอนทั้งสองกลุ่มใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากัน คือ จำนวน 10 แผน โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที

3. เมื่อดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนแล้ว เก็บรวบรวมข้อมูลโดยทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสง และแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลฉบับเดิม

4. นำคะแนนก่อนเรียนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสง และคะแนนก่อนและหลังเรียนที่ได้จากแบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล จากนั้นดำเนินการดังนี้

1) นำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาเทียบเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 และเทียบกับเกณฑ์การประเมินของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) เพื่อแปลระดับความสามารถทางการเรียน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ความหมาย	ช่วงคะแนน	ความหมาย
80 - 100	ดีเยี่ยม	60 - 64	ปานกลาง
75 - 79	ดีมาก	55 - 59	พอใช้
70 - 74	ดี	50 - 54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
65 - 69	ค่อนข้างดี	0 - 49	ต่ำกว่าเกณฑ์

2) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบมีทิศทาง ดังนี้

2.1) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.2) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.3) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง

2.4) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยจัดสอบกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบมีทิศทาง ผลการวิเคราะห์ ดังปรากฏตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลองของกลุ่มทดลอง (n = 35) และกลุ่มควบคุม (n = 30)

กลุ่มตัวอย่าง	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	t-test	Effect Size[a]
กลุ่มทดลอง	19.40	2.75	64.67	2.91*	0.73
กลุ่มควบคุม	17.23	3.24	57.43		

* $p < 0.05$ (one-tailed independent-samples t-test), [a] ขนาดอิทธิพล วัดด้วยค่า Cohen's d

จากตารางที่ 9 พบว่าหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เท่ากับ 19.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.67 อยู่ในระดับค่อนข้างดี ขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.23 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.43 อยู่ในระดับพอใช้ เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยสถิติทดสอบทีแล้ว พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.73

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

สำหรับคะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบมีทิศทาง ทั้งนี้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลนั้นมี 2 องค์ประกอบ ประกอบด้วยการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน นำเสนอ 3 ประเด็น ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง

3) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

1) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 35) กับกลุ่มควบคุม (n=30)

รายการ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t-test
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	17.06	3.07	17.07	3.97	0.11
1) การให้ผลเชิงนิรนัย	8.23	1.65	8.17	2.05	0.14
2) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย	8.83	2.56	8.90	2.66	0.11

* $p < 0.05$ (one-tailed independent-samples t-test)

จากตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลเท่ากับ 17.06 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.07 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลด้วยสถิติทดสอบทีแล้ว พบว่าก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยเท่ากับ 8.23 และ 8.17 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการให้เหตุผลเชิงอุปนัย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.83 และ 8.90 คะแนน ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่าก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและการให้เหตุผลเชิงอุปนัยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง

สำหรับความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที ดังปรากฏตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 35)

รายการ	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t-test	Effect Size[a]
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	17.06	3.07	21.20	2.25	8.39*	1.35
1) การให้ผลเชิงนิรนัย	8.23	1.65	10.31	1.43	7.82*	1.26
2) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย	8.83	2.56	10.89	1.51	5.23*	0.80

* $p < 0.05$ (one-tailed paired-sample t-test), [a] ขนาดอิทธิพล วัดด้วยค่า Cohen's d

จากตารางที่ 11 พบว่าก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลเท่ากับ 17.06 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ขณะที่หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.20 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลด้วยสถิติทดสอบที พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 1.35

เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 8.23 และ 10.31 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการให้เหตุผลเชิงอุปนัยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 8.83 และ10.89 คะแนน ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูง

กว่าก่อนการทดลองทั้งการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและการให้เหตุผลเชิงอุปนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 1.26 และ 0.80 ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนหลังการทดลองด้วยสถิติทดสอบทีแบบมีทิศทาง ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 35) กับกลุ่มควบคุม (n=30)

รายการ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t-test	Effect Size[a]
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล	21.20	2.25	19.33	3.40	2.57*	0.66
- การให้ผลเชิงนิรนัย	10.31	1.43	9.57	1.81	1.82*	0.46
- การให้เหตุผลเชิงอุปนัย	10.89	1.51	9.77	2.37	2.22*	0.57

* $p < 0.05$ (one-tailed independent-samples t-test), [a] ขนาดอิทธิพล วัดด้วยค่า Cohen's d

จากตารางที่ 12 พบว่าหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลเท่ากับ 21.20 คะแนน ขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.33 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.40 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลด้วยสถิติทดสอบที พบว่าหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.66

เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลเชิงนิรนัย เท่ากับ 10.31 และ 9.57 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการให้เหตุผลเชิงอุปนัย นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.89 และ 9.77 คะแนน ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติทดสอบที พบว่าหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและการให้เหตุผลเชิงอุปนัย สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.46 และ 0.57 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทั้งสองกลุ่มคือ 8 สัปดาห์ รวม 22 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนและหลังการทดลอง และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เฉพาะหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 64.67 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ 2) ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

1. ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้พัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ผ่านขั้นตอนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกพิจารณาข้อมูลที่จำเป็นและมีคุณภาพมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cross et al. (2008) และ Okumus and Unal (2012) ที่พบว่า ขณะที่นักเรียนเรียนด้วยรูปแบบการโต้แย้ง นักเรียนได้ฝึกการเลือกใช้ข้อมูลและหลักฐานที่มีคุณภาพในการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น (2) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง ขั้นนี้นักเรียนได้ตรวจสอบและประเมินข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น มีการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียน

อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ ที่ว่า “การใช้ภาษาเป็นสื่อกลางในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้และพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน” (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544; Santrock, 2006) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Richmond and Striley (1996); Berland and Reiser (2008); Sampson and Clark (2009) และ Acar and Patton (2012) ที่พบว่า การโต้แย้งที่นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกัน โดยใช้หลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนข้อโต้แย้งข้อโต้แย้งของตนเอง รวมถึงการหาหลักฐานในการคัดค้านข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมความหมาย และมีความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้น และ (3) ขั้นการทำความเข้าใจภายในกลุ่มและการสร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล นักเรียนได้ฝึกเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wallace et al. (2004) ที่พบว่า การเขียนจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (metacognition) ช่วยปรับปรุงแก้ไขความเข้าใจเนื้อหาของนักเรียน และช่วยให้การคิดมีความชัดเจนและกระชับยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่านักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ร้อยละ 64.67 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 แต่ยังจัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่องแสง ซึ่งเป็นเนื้อหาสาระหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพและมีลักษณะที่เป็นนามธรรมซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ดังที่ Mulhall and Gunstone (2007: 435) ได้กล่าวถึงธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ไว้ว่า “ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจ มีลักษณะเป็นนามธรรม ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริงและส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์” และเมื่อพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสงของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องการสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการจัดการเรียนการสอนเรื่องแสง ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนศึกษา แม้ว่าจะสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและเกิดขึ้นจริง แต่ยังคงมีลักษณะของแสงบางอย่างที่เป็นนามธรรมและนักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น การเคลื่อนที่ของรังสีแสง และภาพที่เกิดจากการตัดกันของรังสีแสง เป็นต้น

2. ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสิติ แสดงให้เห็นว่า การใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรากฏในขั้นตอนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นการระบุภาระงาน นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนิรนัยของนักเรียนผ่านการตั้งสมมติฐาน โดยการดึงความรู้เดิมมาใช้ในการตั้งสมมติฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2009) ที่พบว่า การตั้งสมมติฐานและการทำนายของนักวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่อาศัยการให้เหตุผลเชิงนิรนัย (2) ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว นักเรียนได้ฝึกการการให้เหตุผลเชิงนิรนัย โดยการนำข้อมูลที่เป็นกฎ หลักการ หรือความรู้มาให้ในการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุป และได้ฝึกการให้เหตุผลชิงอุปนัย โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองมาใช้ในการอนุมานสู่ข้อสรุปของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2009) ที่พบว่า นักวิทยาศาสตร์อาศัยการให้เหตุผลเชิงอุปนัย โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาใช้ในการลงข้อสรุป และ (3) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนได้รับการส่งเสริมทั้งความสามารถการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและการให้เหตุผลเชิงนิรนัย โดยการตรวจสอบและประเมินข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น ผ่านการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brown and Campione (1990) ที่พบว่าการโต้แย้งในบริบทของชั้นเรียนสามารถพัฒนากระบวนการรู้คิดขั้นสูงและความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Osborne, Erduran and Simon (2004) และ Hogan, Nastasi and Pressley (2000) ที่พบว่ากิจกรรมการโต้แย้งที่นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการประเมินข้อโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. **ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้**

1.1 ครูที่สนใจนำรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนควรศึกษาเป้าหมายและวิธีการสอนแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนนี้โดยละเอียด รวมถึงบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ครูผู้สอนควรฝึกนักเรียนใช้คำสันธานเชื่อมประโยคในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจของนักเรียน

2. **ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

จากการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ปัญหา และข้อจำกัดที่เกิดขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

2.1 รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งขาดการส่งเสริมนักเรียนในการนำความรู้ไปใช้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ครูผู้สอนควรเพิ่มขั้นตอนการขยายความรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และเพิ่มความเข้าใจมากขึ้น

2.2 ในช่วงกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนได้พิจารณาและประเมินข้อโต้แย้งที่หลากหลาย ซึ่งจากกระบวนการนี้ส่งเสริมนักเรียนในการพิจารณาไตร่ตรอง วิเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างมีเหตุผล อีกทั้งส่งเสริมการตัดสินใจหรือลงสรุปข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะศึกษาตัวแปรอื่นๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะกรรมการกฤษฎีกา, สำนักงาน. (2547), *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). แนวคิดทางวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย. ใน จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และ สร้อยสน สกลรักษ์, *ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จำนง วิบูลย์ศรี. (2536). *อิทธิพลของภาษาต่อการคิดเชิงเหตุผลในเด็กไทย: การวิจัยเชิงทดลอง*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จำนง วิบูลย์ศรี. (2538). *หลักและการปฏิบัติทางวาทนิเทศ*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัชชัย คุ้มทวีพร. (2539). *ตรรกวิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและผลิตตำรามหาวิทยาลัยเกริก.

ทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (2556). *รายงานผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551-2554 ค่าสิถติระดับโรงเรียนแยกตามรายวิชา*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/MainSch/MainSch.aspx [2556, เมษายน 25]

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชาญ เดชศรี และ เกตุวดี กัมพลาศิริ, (2553). *ตัวอย่างข้อสอบที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามโครงการวิจัยนานาชาติ TIMSS 2007*. กรุงเทพมหานคร: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง)*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2551). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

วิชาการและมาตรฐานการศึกษา, สำนัก. (2552). *เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

วิชาการและมาตรฐานการศึกษา, สำนัก. (2553). *แนวทางการนำจุดเน้นการพัฒนาผู้เรียนสู่การปฏิบัติ*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://academic.obec.go.th

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551).*หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2541). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สันติชัย อนุวรชัย. (2543). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ คล้ายนิล,ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์. (2550ก), *บทสรุปเพื่อการบริหาร: การรู้วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ของนักเรียนวัย 15 ปี. กรุงเทพมหานคร*: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สุนีย์ คล้ายนิล,ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์. (2550ข), *รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA 2006*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

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

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์.

ภาษาอังกฤษ

Acar, O. and Patton, B. R. (2012). Argumentation and formal reasoning skills in an argumentation based guided inquiry course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46: 4756 – 4760.

Adler, J.E. (2008). Introduction: Philosophical foundations. In Adler, J.E. and Rips, L.J. *Reasoning: Studies of human Inference and Its Foundations*. United States of America: Cambridge University Press.

Audiblox International. (2011). *Logical thinking: Helping children to become "Smarter".* [online]. Available from: http://www.audiblox.com/logical_thinking.htm [2011, June 20]

Berland, L. K., and Reise, B. J. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*. 93 (I): 26-55.

Bilica, K., and Flores, M. (2009). Inductive & deductive science thinking. *Science Scope* (February 2009): 36-41

Bloom, B. S. (1965). *Texonomy of education objective hand book 1: The cognitive domain.* New York: McKay.

Brown, A. L., and Campione, J. C. (1990). Communities of learning and thinking, or a context by any other name. In D. Kuhn (Ed.), Developmental perspectives on teaching and learning thinking skills. *Contribution to Human Development*, 21: 108–126.

Carey, L.M. (1988). *Measuring and evaluating school learning*. Massachusetts: Allyn and Bacon.

Collins, A., Brown, J. S., and Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In Resnick, L. (Ed.), *Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*, pp. 453–494. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Cross, D., Taasoobshirazi, G. Hendricks, S., and Hickey, D.T. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education* 30(6): 837-861.

Department for Education. (2007). The National Curriculum for England. Science : key stages 1-4 . [Online]. Available from: http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/secondary/b00198831/science. [2011, November 25]

Driver, R., Newton, P., and Osborne, J. (2003). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*. 84,(2000): 287–312.

Duschl, R.A., Ellenbogen, K., and Erduran, S. (1999). *Promoting argumentation in middle school science classrooms: A project SEPIA evaluation*. A paper presented at the Annual Meeting of the National Associstion for research in Science Teaching, Boston. (ERIC Document Reproduction Service No. ED453050)

Duschl, R.A., and Osborne J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education* 38: 39-72.

Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., and Shouse, A.W. (2007), *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. USA: National Academies Press.

Ebel, R.L. (1986). Essentail of Education Measurement. 2nd ed. New Jersey: Prentic-Hall.

Evans, J. St. B. T. (2005). Deductive reasoning. In Holyoak, K.J. and Morrison, R.G., *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. United States of America: Cambridge University Press.

Eysenck, H.J., Arnold, W., and Meili, R. (1972). *Encyclopedia of psychology*. London: The Pitman Press, Bath.

Fah, L.Y. (2009). Logical Thinking Abilities among Form 4 Students in the Interior Division of Sabah, Malaysia. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32: 161-187.

Gonzales, P., Williams, T., Jocelyn, L., Roey, S., Kastberg, D., and Brenwald, S. (2008). *Highlights From TIMSS 2007: Mathematics and Science Achievement of U.S. Fourth- and Eighth-Grade Students in an International Context* (NCES 2009–001 Revised). National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. Washington, DC.

Good, C.V. (1973). *Dictinary of education*. 3rd ed. United State of America: McGraw-Hill.

Habermas, J.(1981). *The theory of communicative action*. Boston, MA: Beacon Press.

Herr, N. (2008). *The sourcebook for teaching science: Strategies, activities, and instructional resources*. 1st ed. United States of America: Josssey-Bass A Wiley Imprint.

Hogan, K., Nastasi, B.K., and Pressley, M. (2000). Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4): 379-432.

Holyoak, K.J. and Morrison, R.G. (2005). Thinking and reasoning: A reader' guide. In Holyoak, K.J. and Morrison, R.G., *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. United States of America: Cambridge University Press.

Howe, C.A. and Mierzwa, J. (1977). Promoting The developing of Logical Thinking in The classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 1977, 14: 467-472.

Jiménez-Aleixadre, M. P., Rodríguez, A. B. and Duschl, R. A. (1999). "Doing the lesson" or "Doing science" argument in high school genetics. *Science Education* 84 (6): 757-792.

Klopfer, L.E. (1971). Evaluation of learning in science. In Bloom, B.S., Hastings, J.T., and Madaus, G.F., *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. USA: McGraw-Hill.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*. 77, (1993): 319–337.

Kuhn, D. and Lao, J. (1998). Contemplation and Conceptual Change: Integrating Perspectives from Social and Cognitive Psychology. Developmental Review 18: 125-154.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and developing of thinking.* Belmont: Wadsworth Publishing.

Lawson, A.E. (2009). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *International Journal of Science Education*, 25(11): 1387–1408.

Magill, F.N., and Rodriguez, J. (1996). *International encyclopedia of psychology*. London, England: Fitzroy Dearborn Publishers.

McInerney, D. M., and McInerney, V. (2002). *Educational psychology: Constructing learning*. 3rd ed. Australia: Pearson Education Australia Pty Limited.

Mills, J. S. (2009). *A system of logic, ratiocinative and inductive*. [online]. Available from: http://www.gutenberg.org/license [2011, June 8]

Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology. (2008). *Science Education in Elementary and Secondary Schools*. [Online]. Available from : http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpae196501/hpae196501_2_028. [2013, April 14]

Mulhall, P. and Gunstone, R. (2007). Views about physics teachers with differing approaches to teaching physics. *Science Education* 38: 435-462.

National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academics Press.

Norris, S., Philips, L., and Osborne, J. (2007). Scientific inquiry: The place of interpretation and argumentation. In Luft, J., Bell, R., and Gess-Newsome, R. (Eds.), *Science as Inquiry in the Secondary Setting*. Arlington, VA: NSTA Press.

Nussbaum, E.M., and Bendixen, L.M. (2003). Approaching and avoiding arguments: The role of epistemological beliefs, need for cognition, and extraverted personality traits. *Contemporary Educational Psychology*. 28, (2003): 573–595.

Okumus, S., and Unal, S. (2012). The Effects of argumentation model on students' achievement and argumentation skills in science. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46: 457–461.

Osborn, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004). Enhancing the quality argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (10):994-1020.

Richmond, G., and Striley, J. (1996). Making Meaning in Classrooms: Social Processes in Small-Group Discourse and Scientific Knowledge Building. *Journal of Research in Science Teaching* 33(8): 839-858.

Robertson, S.I. (1999). *Types of Thinking*. Great Britain: TJ Florence Ltd.

Sampson, V., and Clark, D. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education.* 92 (3): 447-472

Sampson, V. and Clark. (2009). A Comparison of Collaborative Scientific Argumentation Practices of Two High and Two Low Performing Groups. *Res Sci Edu* 41: 63-97.

Sampson, V., and Gerbino, F. (2010). Two instructional model that teacher can use to promote & support scientific argumentation in the biology classroom. *The American Biology Teacher* 72, 7: 428-431.

Sampson, V., and Grooms, J. (2010). Promoting and supporting scientific argumentation outside the lab: The generate an argument instructional model. *The Science Teacher*. (Summer 2010): 32-37.

Santrock, J. W. (2006). *Educational phychology classroom update: Preparing for PRAXIS™ and practice*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.

Sery, G., and Nuccetelli, S. (2008). *How to think logically*. United States: Pearson Education.

Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. In Fraser, B.J., and Tobin, K.G. *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

Tippett, C. (2009). Argumentation: The language of science. *Journal of Elementary Science Education* 21, 1: 17-25.

UNESCO. (2010). *Current Challenges in Basic Science Education*. Paris: UNESCO.

Wallace, C.S., Hand, B. and Prain, V. (2004). *Writing and Learning in the Science Classroom*. Boston, MA: Kluwer Academic.

Yore, L.D., Bisanz, G.L., and Hand, B.M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education* 25, 6: 689-725.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) ปัจจุบันเกษียณอายุ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูชัย รัตนภิญโญพงษ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)
3. อาจารย์ ดร.สมฤทธิ์ วงศ์มณีโรจน์	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์	อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร. วิชัย เสวกงาม	อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) ปัจจุบันเกษียณอายุ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูชัย รัตนภิญโญพงษ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมศักดิ์ เตชะโกสิต	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องแสง
2. แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

(ตัวอย่าง)
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง แสง

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้มีทั้งหมด 9 หน้า จำนวน 30 ข้อ
   คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 40 นาที

2. ก่อนทำแบบทดสอบให้นักเรียนเขียนชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้น / ห้องเรียน ชื่อโรงเรียน ปีการศึกษา ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

3. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	X				
2					

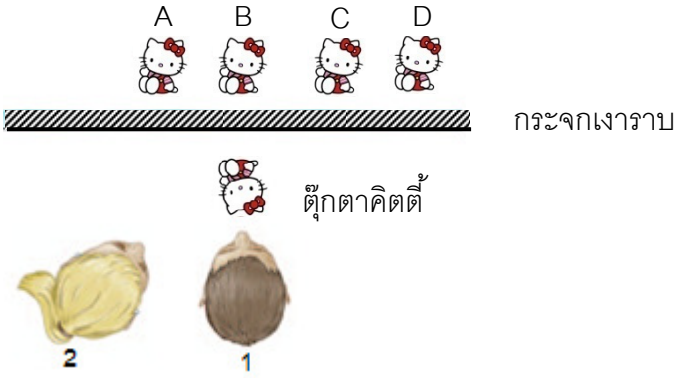
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ ให้ทำเครื่องหมาย = ทับเครื่องหมาย X เดิม แล้วขีดเครื่องหมายกากบาทลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ตรงกับตัวเลือกใหม่ เช่น ถ้าต้องการเปลี่ยนตัวเลือก **ก** เป็นตัวเลือก **ง** ให้ทำดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	=X			X	
2					

5. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบสอบฉบับนี้ ให้ขีดเขียนลงในกระดาษทดที่แจกให้เท่านั้น

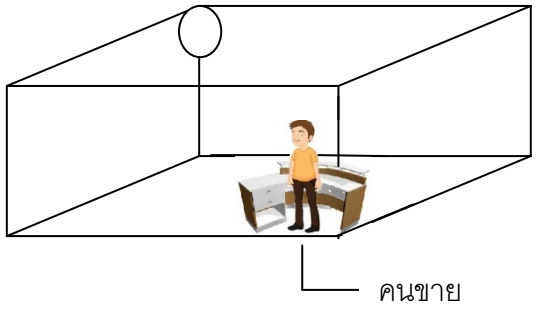
6. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

1. จากภาพ ผู้สังเกตคนที่ 1 มองเห็นภาพตุ๊กตาคิตตี้ที่ตำแหน่ง B แล้วผู้สังเกตคนที่ 2 จะมองเห็นภาพตุ๊กตาคิตตี้ที่ตำแหน่งใด (ความเข้าใจ)



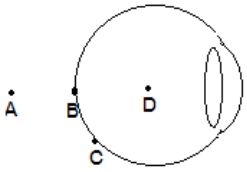
ก. ตำแหน่ง A
ข. ตำแหน่ง B
ค. ตำแหน่ง C
ง. ตำแหน่ง D

2. จากภาพ ร้านมินิมาร์ทควรติดตั้งกระจกชนิดใดตรงมุมบนด้านซ้ายของห้อง เพื่อช่วยในมองเห็นภาพของสินค้าและลูกค้าได้อย่างทั่วถึง (การนำไปใช้)



ก. กระจกเว้า
ข. กระจกนูน
ค. กระจกเงาราบ
ง. กระจกหกด้าน

3. จากภาพ บุคคลสายตายาวจะเห็นภาพหนังสือที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งใดของนัยน์ตา (ความรู้ความจำ)



นัยน์ตา

หนังสือ

ก. A
ข. B
ค. C
ง. D

(ตัวอย่าง)
แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 18 หน้า จำนวน 30 ข้อ
   คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 40 นาที
   แบบสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้
   ตอนที่ 1 การให้เหตุผลแบบนิรนัย จำนวน 16 ข้อ (ข้อ 1 – 15) หน้า 1 - 9
   ตอนที่ 2 การให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 18 ข้อ (ข้อ 16 - 30) หน้า 10 - 18

2. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	X				
2					

3. ถ้าต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ ให้ทำเครื่องหมาย = ทับเครื่องหมาย X เดิม แล้วขีดเครื่องหมายกากบาทลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ตรงกับตัวเลือกใหม่ เช่น ถ้าต้องการเปลี่ยนตัวเลือก ก เป็นตัวเลือก ง ให้ทำดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	=			X	
2					

4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนอ่านบทความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลที่สุดเพียงคำตอบเดียว

<u>ตอนที่ 1</u> การให้เหตุผลแบบนิรนัย

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1 – 4

ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหาร

ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหาร (cling film) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้นตามลำดับ โดยการใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือนและในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันเชื้อโรคและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ช่วยยืดอายุในการวางขาย ป้องกันการซึมผ่านอากาศ เก็บความชื้น รสชาติ สารอาหารและกลิ่นให้คงอยู่ รวมถึงการป้องกันน้ำหนักสินค้าสูญหาย เหมาะสำหรับสินค้าประเภทผลไม้ อาหารสด อาหารแช่แข็งหรืออาหารชุดกึ่งสำเร็จรูป ด้วยสมบัติที่บางใสทำให้ผู้บริโภคสามารถมองเห็นสินค้าและจับต้องตัวสินค้าที่บรรจุภายในได้

ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารเป็นฟิล์มพลาสติกที่มีความเหนียว ใสบาง ยืดหยุ่นคืนตัวได้ดี และเกาะติดกันเองโดยไม่ต้องใช้ความร้อนจึงสะดวกในการใช้งาน สำหรับฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารที่ใช้ในประเทศไทยจะต้องมีคุณภาพเป็นไปตาม มอก. 1136-2536 ซึ่งกำหนดชนิดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหาร 2 ชนิด คือ โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC) และพอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) โดยทั่วไปฟิล์มโพลิไวนิลคลอไรด์จะได้รับความนิยมสูงเนื่องจากมีความใส ราคาถูก และยึดเกาะกันได้ดีกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีน ในกระบวนการผลิตฟิล์มยืดจะมีการเติมสารแต่งเติมหลายชนิด เช่น สารเกาะติด (cling agent) เพื่อให้มีความสามารถในการเกาะติดกัน สารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV-inhibitor) เพื่อยืดอายุของฟิล์มที่อาจตั้งโดนแสง สำหรับกระบวนการผลิตฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์จะมีการเติมสารพลาสติไซเซอร์เพื่อให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นเหมาะกับการใช้งาน แต่เนื่องจากพลาสติไซเซอร์ที่เติมลงไปมีขนาดเล็ก น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ได้ทำปฏิกิริยาโดยตรงเพียงแต่จะแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลพลาสติก ดังนั้นสารดังกล่าวจึงสามารถหลุดออกจากฟิล์มยืดลงสู่อาหารได้ โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากสารดังกล่าวละลายได้ดีในไขมันและน้ำมันที่ร้อน ดังนั้นจึงต้องระวังสารพลาสติไซเซอร์ในกลุ่มพทาเลท (phthalate) ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคและก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

ปรับปรุงมาจาก: ธวัช นุสนธรา. 2553. **ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหาร**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dss.go.th/ dssweb/st-articles/index.xsp [2554, ตุลาคม 1]

1. **ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารจะช่วยยืดอายุอาหารในการวางขายได้ และจะช่วยป้องกันการสูญหายของน้ำหนักสินค้าได้** แม่ค้าขายผักไม่ได้ใช้ฟิล์มยืดหุ้มห่อผักที่วางขายไว้ ฉะนั้น

   ก. แม่ค้าจะได้กำไรมากขึ้น
   ข. แม่ค้าจะได้ลดต้นทุนในการขาย
   ค. ผักจะเน่าเสียได้ตามปกติแต่ไม่สูญเสียน้ำหนัก
   ง. ผักจะเน่าเสียได้ตามปกติหรือสูญเสียน้ำหนักได้
   จ. ผักจะสูญเสียน้ำหนักได้ แต่จะไม่เน่าเสียเร็วขึ้นกว่าปกติที่ควรเป็น

2. **ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารเป็นฟิล์มพลาสติกที่มีความเหนียว ใสบาง ยืดหยุ่นคืนตัวได้ดี และเกาะติดกันเองได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน** ถ้าวัสดุชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นฟิล์มพลาสติกที่มีความเหนียว ใสบาง ยืดหยุ่นคืนตัวได้ดี และเกาะติดกันเองได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน แสดงว่า

   ก. วัสดุชนิดนั้นเป็นฟิล์มหุ้มห่ออาหาร
   ข. วัสดุชนิดนั้นไม่ใช่ฟิล์มหุ้มห่ออาหาร
   ค. วัสดุชนิดนั้นอาจจะเป็นฟิล์มหุ้มห่ออาหาร
   ง. วัสดุชนิดนั้นเป็นฟิล์มหุ้มห่ออาหารชนิดพอลิเอทิลีน
   จ. วัสดุชนิดนั้นเป็นฟิล์มหุ้มห่ออาหารชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์

3. สารเกาะติด (cling agent) เป็นสารเติมแต่งที่เติมลงไปในกระบวนการผลิตฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารเพื่อให้มีความสามารถในการเกาะติดกัน ถ้าหากฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารชนิด A ไม่สามารถเกาะติดกันได้ แสดงว่า

   ก. ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารนั้นใส่สารเกาะติด
   ข. ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารนั้นไม่ได้ใส่สารเกาะติด
   ค. ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารนั้นใส่สารเกาะติดมากเกินไป
   ง. ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารนั้นใส่สารเกาะติดน้อยเกินไป
   จ. ฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารนั้นอาจจะใส่หรือไม่ใส่สารเกาะติดก็ได้

4. ข้อมูล 1: สารพลาสติไซเซอร์เป็นสารที่เติมลงในฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ สามารถหลุดออกจากฟิล์มยืดลงสู่อาหารได้ เมื่อสัมผัสกับอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ

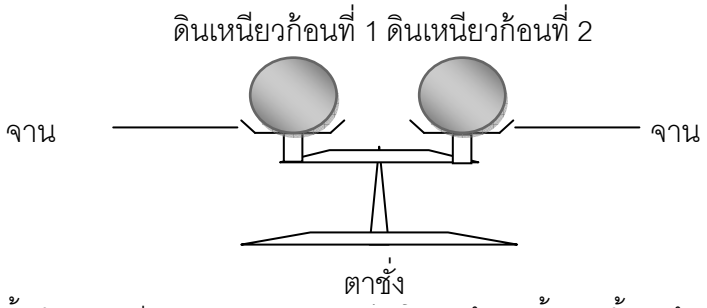
ข้อมูล 2: สารพลาสติไซเซอร์ในกลุ่มพทาเลท (phthalate) เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

ถ้าหากป๋อรับประทานข้าวผัดรวมมิตรที่ใส่ในจานพลาสติกและหุ้มด้วยฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ แสดงว่า

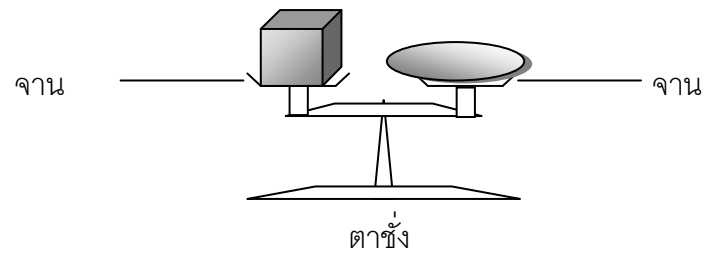
ก. ป๋อจะได้รับสารพลาสติไซเซอร์
ข. ป๋อจะได้รับประทานอาหารที่สะอาด
ค. ป๋อจะได้รับอันตรายและเป็นโรคมะเร็ง
ง. ป๋อจะไม่ได้รับสารแปลกปลอมใดๆ ทั้งสิ้น
จ. ป๋ออาจจะมีอันตรายต่อร่างกายและอาจจะเป็นโรคมะเร็งได้

<u>ตอนที่ 2</u> การให้เหตุผลแบบอุปนัย

5. ปริญมีดินเหนียวอยู่สองก้อน ซึ่งมีขนาดเท่ากันและรูปร่างเดียวกัน เมื่อวางดินเหนียวทั้งสองก้อนลงบนตาชั่งปรากฏว่าทั้งสองก้อนมีน้ำหนักเท่ากัน ดังรูป



หลังจากนั้นนำดินเหนียวออกจากจานตาชังทั้งสองก้อน ปั้นดินน้ำมันก้อนแรกเป็นรูปทรงลูกบาศก์ ส่วนดินน้ำมันก้อนที่ 2 กดให้แบนคล้ายแพนเค้ก แล้วนำไปวางบนตาชั่งสองแขนใหม่ ปรากฏผลดังรูป



ข้อใดต่อไปนี้สรุปผลการทดลองได้ถูกต้องที่สุด

ก. ดินเหนียวทั้งสองก้อนมีน้ำหนักเท่ากัน

ข. ตาชั่งน่าจะเสียจึงทำให้ชั่งได้น้ำหนักเท่ากัน

ค. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมวล

ง. สารที่มีรูปทรงลูกบาศก์มีน้ำหนักเท่ากับสารที่มีรูปทรงคล้ายแพนเค้ก

จ. มีการเพิ่มดินเหนียวให้กับดินเหนียวก้อนแรก จึงทำให้ดินเหนียวทั้งสองก้อนน้ำหนักเท่ากัน

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง
เรื่องที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัส ว 22102 รายวิชา วิทยาศาสตร์**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**
ผู้สอน นางสาววรัญญา จำปามูล

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 **ม.** 2/2 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ 1. ออกแบบการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุได้ 2. สร้างข้อโต้แย้งเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างได้ 3. นำเสนอคำอธิบายเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างที่สร้างได้ 4. แสดงความคิดเห็นต่อคำอธิบายเรื่อง	**ความหมายของความสว่าง** ความสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากบนผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ **ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ** มี 2 ปัจจัย ดังนี้ 1. ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลา หมายถึง จำนวนรังสีแสงที่พุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงโดยรอบทุกทิศทุกทางภายในเวลา 1 วินาที ถ้าปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลามีปริมาณมากก็จะทำให้มีความสว่างมาก และถ้าปริมาณ	**ขั้นที่ 1 การระบุภาระงาน (30 นาที)** 1. ครูใช้คำถามดังนี้ (3 นาที) 1.1 นักเรียนเคยสังเกตแต่ละห้องภายในโรงพยาบาลหรือไม่ว่า มีความสว่างเท่ากันหรือไม่ (ไม่เท่ากัน) 1.2 ห้องใดที่ต้องใช้ความสว่างในการทำงานมากที่สุด(ห้องผ่าตัด, ห้องทันตกรรม) 1.3 อะไรที่ทำให้ความสว่างในห้องผ่าตัดมีความสว่างมากเป็นพิเศษ (ชนิดของหลอดไฟ, การติดตั้งหลอดไฟ) 2. ครูให้นักเรียนสังเกตภายในห้องเรียน แล้วถามนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้ 2.1 นักเรียนคิดว่าบริเวณใดของห้องเรียนควรจะมีความสว่างมากที่สุด (บอร์ดแสดงผลงาน) 2.2 ถ้าครูให้นักเรียนออกแบบการจัดความสว่างของบอร์ดแสดงผลงานให้มีความสว่างมาก	1. วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง 1) หลอดไฟ A (หลอดไส้ ขนาด 2.5V) จำนวน 6 หลอด 2) หลอดไฟ B (หลอดไส้ ขนาด 3.8 V) จำนวน 6 หลอด 3) หลอดไฟ C (หลอดไส้ขนาด 6.2 V) จำนวน 6 หลอด 4) ขั้วหลอดไฟฟ้า จำนวน 6 ชุด 5) หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ จำนวน 6 เครื่อง	1. ประเมินคำอธิบายเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างของกลุ่มอื่นได้ 5. บอกความหมายของความสว่างได้ 6. สรุปคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุได้ 7. รับฟังความคิดเห็นและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	แสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลามีปริมาณน้อยก็จะทำให้มีความสว่างน้อย 2. ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุ ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ห่างจากผิววัตถุมาก จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุจะน้อย แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ห่างจากผิววัตถุน้อยลง จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุมีมากขึ้น	พอที่จะเห็นรายละเอียดของผลงานได้อย่างชัดเจน นักเรียนจะออกแบบอย่างไร (ใช้หลอดไฟที่มีความสว่างมาก, ใช้หลอดไฟจำนวนมาก, ติดตั้งหลอดไฟให้ใกล้กับชิ้นงานที่แสดงมากที่สุด ฯลฯ) 3. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับเอกสารการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ, เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง, วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเอกสารการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุด้วยตนเอง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนระบุภาระงานว่า “สิ่งที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องปฏิบัติเพื่อหาปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด ประกอบด้วยอะไรบ้าง” (1. ออกแบบวิธีการทดลองหาปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด 2. สร้าง	6) ลักซ์มิเตอร์ จำนวน 6 เครื่อง 7) ไม้บรรทัด จำนวน 6 อัน 8) ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด20x30cm จำนวน 6 แผ่น 9) กระดาษฟลิปชาร์ท จำนวน 6 แผ่น 10) ปากกาเคมี จำนวน 6 ด้าม 2. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรม 1) เอกสารการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิว	

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		คำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด) 5. ครูบอกเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง ดังนี้ 7.1 นักเรียนใช้วัสดุอุปกรณ์ในการออกแบบการทดลองที่ครูกำหนดให้เท่านั้น 7.2 นักเรียนใช้หลอดไฟในการทดลองได้ครั้งละ 1 หลอด 8. ครูแนะนำวิธีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความสว่างในการปฏิบัติการทดลอง 9. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองในประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้ลงในเอกสารกิจกรรมการทดลองด้วยดินสอ (8 นาที) 9.1 ปัญหาของการศึกษา 9.2 จุดประสงค์การทดลอง 9.3 สมมติฐานการทดลอง 9.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	วัตถุ 2) เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง 3) เอกสารบันทึกข้อสรุปเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ	

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		9.5 ขั้นตอนการทดลอง 9.6 การบันทึกผลการทดลอง 10. ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบการออกแบบการทดลอง โดยสุ่มนักเรียน 2-3 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการออกแบบการทดลอง โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ (5 นาที) 10.1 จุดประสงค์และสมมติฐานการทดลองสอดคล้องกับปัญหาในการศึกษาครั้งนี้หรือไม่ 10.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ตรงตามที่ครูกำหนดหรือไม่ 10.3 ขั้นตอนการทดลองนำไปสู่ผลการทดลองที่ตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ 10.4 การบันทึกผลการทดลองครอบคลุมตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการศึกษาครั้งนี้หรือไม่		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		11. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับบทปฏิบัติการทดลองของกลุ่มตนเองใหม่ (2 นาที) 12. ครูกล่าวว่า“การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้ คือ ข้อสรุป หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยข้อสรุป คือ คำตอบของปัญหาที่นักเรียนศึกษา หลักฐาน คือ ข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุป และการให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป” จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด ดังนี้ (3 นาที) 12.1ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด คืออะไร (ข้อความซึ่งเป็นคำตอบของคำถามที่ว่าปัจจัยใดที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมาก		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ที่สุด) 12.2หลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปข้างต้น คืออะไร (ผลการวัดค่าความสว่างที่ได้จากการทดลองของนักเรียน) 12.3การให้เหตุผลในการสร้างคำอธิบายครั้งนี้คืออะไร (ข้อความที่อธิบายว่าเพราะเหตุใดปัจจัยดังกล่าวที่นักเรียนสรุปจึงมีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ) ครูแนะนำให้นักเรียนศึกษาเอกสารความรู้เรื่องความสว่างในการให้เหตุผลประกอบคำอธิบาย **ขั้นที่ 2 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** (20 นาที) 1. ครูอธิบายคำสำคัญเกี่ยวกับประเด็นการโต้แย้งที่จะนำมาใช้ เพื่อให้นักเรียนทุกคนเกิดความเข้าใจที่ตรงกันในเรื่องปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด นั่นคือ “ปัจจัยที่ทำให้		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด คือ ตัวแปรที่ส่งผลทำให้ค่าความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานมีค่ามากที่สุด” 2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ (10 นาที) 3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดและเขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ท (10 นาที) (ครูสังเกตการทำงานของนักเรียนกลุ่มต่างๆ เพื่อให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบาย) **ขั้นที่ 3 กิจกรรมการโต้แย้ง** (30 นาที) 1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมและคำอธิบายที่สร้างขึ้นกลุ่มละ 1 นาที และนำคำอธิบายที่เขียนในกระดาษฟลิปชาร์ทไป		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ติดบนกระดานจนครบทุกกลุ่ม (6 นาที) 2. ครูให้นักเรียนร่วมกันปรึกษาภายในกลุ่มเพื่อแสดงความคิดเห็นต่อคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดของกลุ่มอื่น โดยครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนดังนี้ (6 นาที) 2.1 ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของปัญหาของการศึกษาครั้งนี้มีความถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่ 2.2 หลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อสรุปมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และครบถ้วนหรือไม่ 2.3 การให้เหตุผลเป็นการใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้อง และครบถ้วนหรือไม่ 3. ครูให้ตัวแทนกลุ่มอย่างน้อย 2 กลุ่ม แสดงความ		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		คิดเห็นต่อกลุ่มที่ได้รับการประเมินสลับกันจนครบทุกกลุ่ม (12 นาที) 4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปประเด็นในการโต้แย้งที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด โดยครูใช้คำถามดังนี้ (6 นาที) 4.1 ข้อสรุปที่นักเรียนสรุปตรงกัน ได้แก่อะไร 4.2 ข้อสรุปที่นักเรียนสรุปแตกต่างกัน ได้แก่อะไร 4.3 นักเรียนคิดว่าข้อสรุปใดมีความถูกต้องชัดเจนและน่าเชื่อถือมากที่สุด เพราะเหตุใด (1. หลอดไฟที่มีปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟมากที่สุด 2. หลอดไฟกับชิ้นงานอยู่ห่างกันที่น้อยที่สุด เพราะว่าปัจจัยทั้ง 2 มีผลทำให้ความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีค่ามากที่สุด)		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		4.4 ผลการทดลองใดเหมาะสมที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปมากที่สุดเพราะเหตุใด (ผลของการวัดค่าความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ด) 4.5 การให้เหตุผลในการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อสรุปควรจะระบุอะไรบ้าง (หลักการที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและปริมาณแสงที่ตกกระทบผิววัตถุ, หลักการที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงและปริมาณแสงที่ตกกระทบผิววัตถุ, หลักการที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิววัตถุและปริมาณแสงที่ตกกระทบผิววัตถุ)		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ขั้นที่ 4 การทำความเข้าใจข้อโต้แย้งของกลุ่มและของแต่ละบุคคล (20 นาที) 1. ครูใช้คำถามเพื่อสรุปสาระสำคัญเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ ดังนี้ (7 นาที) 1.1 จากการทดลอง เพราะเหตุใดชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดจึงมีความสว่าง (เพราะได้รับแสงจากหลอดไฟ) 1.2 นักเรียนจะสรุปความหมายของความสว่างว่าอย่างไร (ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนผิววัตถุในหนึ่งหน่วยพื้นที่) 1.3 จากการทดลอง หลอดไฟดวงใดที่ทำให้ความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานมีค่ามากที่สุด ปานกลางและน้อยที่สุด (หลอด A, C และ B ทำให้ชิ้นงานมีความสว่างมาก ปานกลางและน้อยที่สุดตามลำดับ) 1.4 แสงที่เปล่งออกจากหลอดไฟแต่ละหลอด		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		มีปริมาณที่เท่ากันหรือไม่ อย่างไร (หลอด A, C และ B ให้แสงที่เปล่งออกมาในปริมาณที่มาก ปานกลางและน้อยที่สุด ตามลำดับ) 1.5 ปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟมีผลต่อความสว่างอย่างไร (ถ้าแสงที่ออกมาจากหลอดไฟมีปริมาณมาก ความสว่างก็จะมาก ถ้าแสงที่ออกจากหลอดไฟมีปริมาณน้อย ความสว่างก็จะน้อย) 1.6 นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟจึงมีผลต่อความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน (เพราะหลอดไฟที่มีแสงเปล่งออกมาในปริมาณมาก จะมีความหนาแน่นของรังสีแสงในหนึ่งหน่วยพื้นที่มาก ดังนั้นรังสีแสงที่ไปตกกระทบผิววัตถุจึงมีมากเช่นกัน) 1.7 จากการทดลอง ถ้าหลอดไฟกับชิ้นงานอยู่ห่างกันมาก ความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานจะเป็นอย่างไร และถ้าหลอดไฟกับชิ้นงานอยู่ห่างกันน้อย		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ความสว่างที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานจะเป็นอย่างไร (ถ้าหลอดไฟกับชิ้นงานอยู่ห่างกันมาก ก็จะทำให้ชิ้นงานมีความสว่างน้อย และถ้าหลอดไฟกับชิ้นงานอยู่ห่างกันน้อย ก็จะทำให้ชิ้นงานมีความสว่างมาก) 1.8 นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับชิ้นงานจึงมีผลต่อความสว่างบนชิ้นงาน (เพราะว่ารังสีแสงที่แผ่ออกจากหลอดไฟเป็นรังสีแบบถ่าง ดังนั้นเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับชิ้นงานเพิ่มขึ้น จะทำให้รังสีแสงแต่ละรังสีอยู่ห่างกันมากขึ้น ปริมาณแสงที่ไปตกกระทบลงบนผิวสินค้าจะมีปริมาณน้อยลง ซึ่งเป็นผลให้ความสว่างลดลง) 1.9 นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อความสว่างบนชิ้นงาน (1. ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ 2. ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับชิ้นงาน)		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		1.10 ครูกล่าวว่า “หลอดไฟ หรือวัตถุที่ให้แสงได้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหล่งกำเนิดแสง และชิ้นงานหรือสิ่งต่างๆ ที่รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงก็คือ วัตถุ” จากนั้นครูให้นักเรียนสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุใหม่ โดยใช้คำว่า “แหล่งกำเนิดแสง” และ “วัตถุ” แทนลงในคำตอบของข้อ 1.9 (ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ คือ 1.ปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง 2.ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุ) 2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากการแสดงความคิดเห็นของกลุ่มอื่นและผลจากการสรุปประเด็นการโต้แย้งร่วมกันมาปรับปรุงแก้ไขคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดของกลุ่มใหม่อีกครั้ง (5 นาที) 3. ครูแจกเอกสารบันทึกข้อสรุปเรื่องปัจจัยที่มีผล		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ต่อความสว่างบนผิววัตถุให้กับนักเรียนทุกคน โดยให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดเป็นแบบความเรียงตามความเข้าใจของนักเรียน (5 นาที) 4. ครูให้ข้อเสนอแนะในการสร้างคำอธิบายที่ดีเพื่อให้นักเรียนแก้ไขปรับปรุงในครั้งต่อไป (3 นาที)		

เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

องค์ประกอบ	ระดับ			
	4	3	2	1
ข้อสรุป	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องชัดเจน และครบถ้วนสมบูรณ์	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องชัดเจนแต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจนเพียงพอ	ไม่สร้างข้อสรุปหรือสร้างข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	ให้หลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปอย่างถูกต้อง เหมาะสมและครบถ้วน	ให้หลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ อาจรวมถึงหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ให้หลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปได้ถูกต้องบางส่วน และไม่ครบถ้วนเพียงพอ	ไม่ให้หลักฐานหรือให้เพียงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม(หลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อสรุป)
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานและข้อสรุป ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องเหมาะสมและครบถ้วน	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานและข้อสรุป แต่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงข้อสรุปและหลักฐาน แต่มีการใช้ข้อความที่ระบุซ้ำถึงหลักฐาน และมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ	ไม่ให้เหตุผลหรือเพียงแค่ให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานและข้อสรุป
การเขียนสื่อความ	มีองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ มีการใช้คำเชื่อม อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง	มีองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ใช้คำเชื่อมประโยคหรือใช้ไม่เหมาะสม อ่านพอเข้าใจ	มีองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่ใช้คำเชื่อมประโยคหรือใช้ไม่เหมาะสม อ่านพอเข้าใจ	มีองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ขาดอย่างใดอย่างหนึ่ง อ่านแล้วเข้าใจได้ยาก

เอกสารการทดลอง

เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

บทนำ

ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลมีการออกแบบให้มีความสว่างมากเป็นพิเศษ เพราะแพทย์ต้องใช้ความพิถีพิถันในการผ่าตัดเป็นอย่างมาก แต่ถ้าหากเป็นภายในห้องเรียน ส่วนที่ต้องการความสว่างมากก็คือ บอร์ดแสดงผลงานหรือแสดงนิทรรศการของนักเรียน ถ้าหากนักเรียนได้รับมอบหมายให้ออกแบบการจัดความสว่างบอร์ดแสดงผลงานให้มีความสว่างมากพอที่จะเห็นรายละเอียดของผลงานได้อย่างชัดเจน นักเรียนจะออกแบบอย่างไร

ภาพที่ 1 การจัดบอร์ดแสดงผลงานของนักเรียน

คำถามที่นำไปสู่ปัญหาในการศึกษาครั้งนี้

ปัจจัยใดที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์การทดลองที่ครูกำหนดให้

จุดประสงค์การทดลอง

.....

สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

1.	หลอดไฟแบบไส้ที่มีขนาดเท่ากัน 3 ชนิด อย่างละ 1 หลอด รวม (หลอดไฟชนิด A, หลอดไฟชนิด B, หลอดไฟชนิด C)	3	หลอด
2.	ขั้วหลอดไฟฟ้า	1	ชุด
3.	หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ	1	เครื่อง
4.	ลักซ์มิเตอร์	1	เครื่อง
5.	ไม้บรรทัด	1	อัน
6.	ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด20x30cm	1	แผ่น

วิธีการทดลอง (นักเรียนจะมีวิธีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานอย่างไร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนอ่านเอกสารความรู้เรื่องความสว่าง และสร้างคำอธิบายเรื่องปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดลงในกระดาษฟลิปชาร์ทที่ครูแจกให้ กลุ่มละ 1 แผ่น โดยมีโครงร่างในการเขียนคำอธิบาย ดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์การเรียนรู้

1.	กระดาษฟลิปชาร์ท	1	แผ่น
2.	ปากกาเคมี	1	ด้าม
3.	เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง	1	ฉบับ

ตัวอย่างโครงร่างในการเขียนคำอธิบาย

ชื่อคำอธิบาย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

.....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1.....

2.....

3.....

ข้อสรุป

หลักฐาน

การให้เหตุผล

เอกสารบันทึกข้อสรุป

เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนสรุปปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุดตามความเข้าใจของนักเรียนเป็นคำอธิบายแบบความเรียง (คำอธิบายที่ดีจะต้องประกอบด้วย ข้อสรุป หลักฐาน และการให้เหตุผล และในการเขียนนั้นต้องสื่อความให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่าย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง

ในการศึกษาความรู้เรื่องความสว่าง (Illuminance) นั้นจะมีปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสว่างมากมาย โดยปริมาณที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญมีรายละเอียด ดังนี้

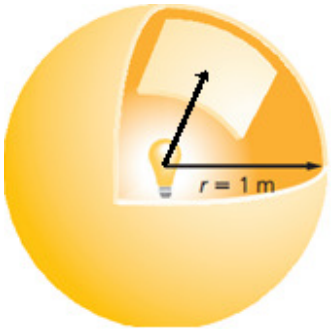
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity)

ปริมาณแสงหรือความหนาแน่นของแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดๆ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความเข้มของการส่องสว่าง ซึ่งในอดีตที่ผ่านมานั้น ความเข้มของการส่องสว่างในระบบมาตรฐานอังกฤษ มีหน่วยเป็น แรงเทียน (Candle Power) โดยความเข้มของการส่องสว่าง 1 แรงเทียนนั้นเท่ากับความสว่างที่เกิดมาจากเทียนที่ทำมาจากไขปลาวาฬบริสุทธิ์น้ำหนักเศษหนึ่งส่วนหกปอนด์และเผาไหม้ในอัตรา 120 เกรนต่อชั่วโมง ต่อมาในการประชุมมาตรวิทยาระหว่างประเทศครั้งที่ 9 ในปี 1948 ได้เปลี่ยนชื่อหน่วยของความเข้มของการส่องสว่างจาก “แรงเทียน” มาเป็น "แคนเดลา (candela; สัญลักษณ์: cd)" ซึ่งกำหนดให้เป็นหน่วยฐานของความเข้มของการส่องสว่างในระบบเอสไอ

อัตราการให้พลังงานแสง (Luminous Flux)

อัตราการให้พลังงานแสง คือปริมาณของรังสีแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลา หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นจำนวนรังสีแสงที่พุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงโดยรอบทุกทิศทุกทางภายในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen; สัญลักษณ์: lm) โดยแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิดจะให้ปริมาณแสงที่ออกมาในหนึ่งหน่วยเวลาแตกต่างกัน

หน่วย ลูเมน กับ แคนเดลา เป็นหน่วยที่ใช้บอกปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงเหมือนกัน โดยหน่วยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันคือ 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับ 12.57 ลูเมน กล่าวคือถ้าเรามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดและมีความเข้มของการส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำไปวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณจำนวนรังสีแสงที่พุ่งไปตกกระทบบนทุกๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ถ้าพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้วจะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ นั่นหมายความว่า ความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนรังสีแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมนนั่นเอง ดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณรังสีแสงที่พุ่งออกจากแหล่งกำเนิดแสง1 ลูเมน ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งตารางเมตรของทรงกลม

(**แหล่งที่มา**: Zitzewitz, P.W., et al. 2005. **Physics Principles and Problems**.)

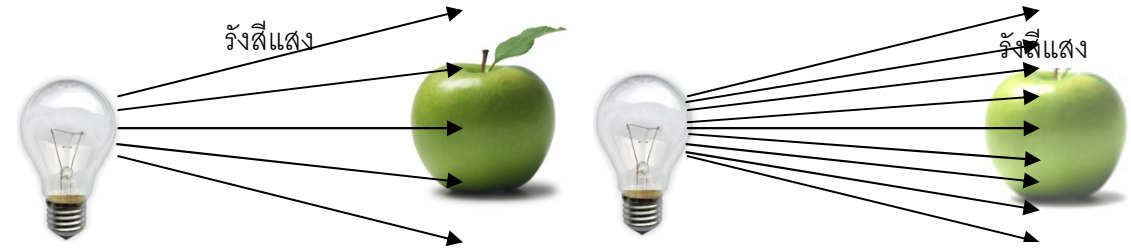
ความสว่าง (Illuminance)

ความสว่างของวัตถุเกิดจากแสงตกกระทบลงบนพื้นผิวของวัตถุ ซึ่งความสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux; สัญลักษณ์: lx) โดยถ้าแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ผิวหนึ่งหน่วยมีปริมาณมาก ก็จะทำให้ความสว่างบนผิววัตถุนั้นมากด้วย โดยในการวัดค่าความสว่างนั้นทำได้โดยใช้เครื่องวัดค่าความสว่างที่เรียกว่า ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ตัวอย่างลักซ์มิเตอร์

ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนผิววัตถุจะมากปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลา และระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิววัตถุ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

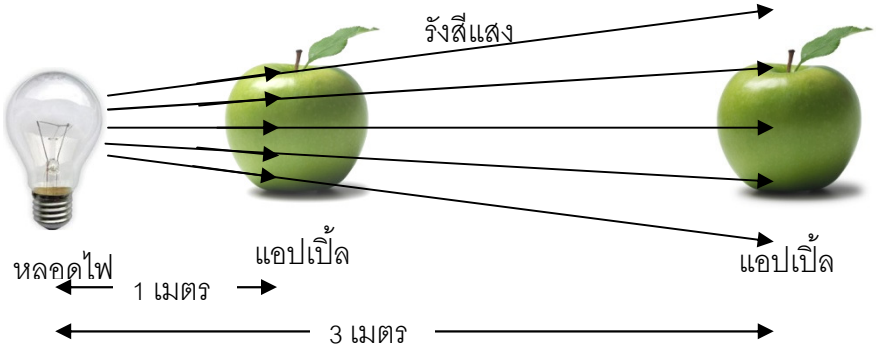
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลาและปริมาณแสงที่ตกกระทบผิววัตถุ



ภาพที่ 3 ปริมาณแสงที่ตกกระทบแอปเปิ้ลเมื่อหลอดไฟมีแสงที่ออกมาในปริมาณที่ต่างกัน

จากภาพจะเห็นได้ว่า ถ้าแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงมีปริมาณน้อย แสงที่ตกกระทบบนผิววัตถุก็จะมีปริมาณน้อย แต่ถ้าหากแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงมีปริมาณมาก แสงที่ตกกระทบบนผิววัตถุก็จะมีปริมาณมากด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าถ้าหากปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงมีปริมาณมาก ความหนาแน่นของรังสีแสงในหนึ่งหน่วยพื้นที่ก็จะมาก ซึ่งส่งผลให้ปริมาณแสงที่ไปตกกระทบบนผิววัตถุมากเช่นกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิววัตถุ และปริมาณแสงที่ตกกระทบผิววัตถุ



ภาพที่ 4 ปริมาณแสงที่ตกกระทบแอปเปิ้ลเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับแอปเปิ้ลแตกต่างกัน

จากภาพจะเห็นได้ว่า ถ้าแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุอยู่ห่างกันน้อย แสงที่ตกกระทบบนผิววัตถุก็จะมีจำนวนมาก แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุอยู่ห่างกันมาก แสงที่ตกกระทบผิววัตถุก็จะมีจำนวนน้อยด้วย ทั้งนี้เนื่องจากรังสีแสงมีลักษณะเป็นรังสีถ่าง กล่าวคือ เมื่อระยะทางที่แสงเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดแสงเพิ่มขึ้น ระยะห่างระหว่างรังสีแสงแต่ละรังสีก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบทั่วไป
เรื่องที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัส ว 22102 รายวิชา วิทยาศาสตร์**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**
ผู้สอน นางสาววรัญญา จำปามูล

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 **ม.** 2/2 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ 1. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดให้ได้ 2. กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมของการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุได้ 3. ทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุได้	**ความหมายของความสว่าง** ความสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากบนผิววัตถุในหนึ่งหน่วยพื้นที่ **ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ** มี 2 ปัจจัย ดังนี้ 1. ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลา หมายถึง จำนวนรังสีแสงที่พุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงโดยรอบทุกทิศทุกทางภายในเวลา 1 วินาที ถ้าปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลามีปริมาณมากก็จะทำให้มีความสว่างมาก และถ้าปริมาณ	**ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** (10 นาที) 1. ครูให้นักเรียนปิดประตู หน้าต่างและไฟในห้องเรียน จากนั้นครูนำไฟฉายส่องไปที่กระดานแล้วถามนักเรียนดังนี้ 1.1 กระดานสว่างขึ้นหรือไม่ (สว่างขึ้น) 1.2 กระดานสว่างขึ้นได้เพราะอะไร (เพราะได้รับแสงจากไฟฉายที่ส่องลงมาตกกระทบบนกระดาน) 1.3 ถ้าเปลี่ยนหลอดไฟฉายให้เป็นหลอดไฟที่ให้แสงออกมาในปริมาณที่แตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าความสว่างที่เกิดขึ้นบนกระดานจะเปลี่ยน แปลงหรือไม่ อย่างไร 1.4 ถ้าหากส่องไฟฉายไปที่กระดานในระยะห่างที่แตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าความสว่างที่เกิดขึ้นบนกระดานจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร 2. ครูให้นักเรียนตั้งสมมติฐานของคำถามข้อ 1.3	1. วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง 1) หลอดไฟ A (หลอดไส้ ขนาด 2.5V) จำนวน 6 หลอด 2) หลอดไฟ B (หลอดไส้ ขนาด 3.8 V) จำนวน 6 หลอด 3) หลอดไฟ C (หลอดไส้ขนาด 6.2 V) จำนวน 6 หลอด 4) ขั้วหลอดไฟฟ้าk จำนวน 6 ชุด 5) หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ จำนวน 6 เครื่อง	1. ประเมินการปฏิบัติการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความบนผิววัตถุ

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
4. บอกความหมายของความสว่างได้ 5. สรุปปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุได้ 6. รับฟังความคิดเห็นและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	แสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในหนึ่งหน่วยเวลามีปริมาณน้อยก็จะทำให้มีความสว่างน้อย 2. ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุ ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ห่างจากผิววัตถุมาก จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุจะน้อย แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ห่างจากผิววัตถุน้อยลง จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุมีมากขึ้น	และ 1.4 แล้วบันทึกผลบนกระดาน **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้** (60 นาที) 1. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 5 คน (คละความสามารถ) 2. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับแผนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 3. ครูชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรมตามที่ปรากฏในเอกสาร 4. ครูแนะนำวิธีการใช้ลักซ์มิเตอร์ในการปฏิบัติการทดลอง 5. ก่อนทำการทดลองครูถามคำถามดังนี้ (3 นาที) 5.1 การทดลองทั้ง 2 ตอนต้องการศึกษาอะไร หรือตัวแปรตามคืออะไร (ความสว่างบนกระดาน/	6) ลักซ์มิเตอร์ จำนวน 6 เครื่อง 7) ไม้บรรทัด จำนวน 6 อัน 8) ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด20x30cm จำนวน 6 แผ่น 9) กระดาษกาวสองหน้า จำนวน 6 ชิ้น 10) ขาตั้ง 6 อัน 2. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรม 1) เอกสารการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ	

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		ความสว่างบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด) 5.2 การทดลองตอนที่ 1 ควรจัดอะไรให้แตกต่างกัน หรือตัวแปรต้นคืออะไร (ปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟ) 5.3 การทดลองตอนที่ 1 ควรจัดอะไรให้เหมือนกัน หรือตัวแปรควบคุมคืออะไร (1.ขนาดของหลอดไฟ 2.ระยะห่างของหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ด 3.จำนวนถ่านไฟฉาย 4.ลักซ์มิเตอร์) 5.4 การทดลองตอนที่ 2 ควรจัดอะไรให้แตกต่างกันหรือตัวแปรต้นคืออะไร (ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด) 5.5 การทดลองตอนที่ 2 ควรจัดอะไรให้เหมือนกัน หรือตัวแปรควบคุมคืออะไร (1.ชนิดและขนาดของหลอดไฟ 2. ลักซ์มิเตอร์ 3. จำนวนถ่านไฟฉาย) 5.6 การทดลองนี้มีขั้นตอนโดยสรุปอย่างไร (ครู	2) เอกสารความรู้เรื่องความสว่าง 3. สื่ออื่นๆ 1) ไฟฉาย 1 กระบอก	

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		สุ่มถามนักเรียนประมาณ 1-2 คน) 6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลอง สังเกตแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ครูกำหนด(25 นาที) 7. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและบันทึกผลบนกระดาน **ขั้นสรุป** (30 นาที) 1. ครูให้นักเรียนสังเกตผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและอภิปรายร่วมกับครูดังนี้ 1.1 ผลการทดลองของกลุ่มใดแตกต่างจากกลุ่มอื่นบ้าง เพราะเหตุใด 1.2 จากการทดลอง เพราะเหตุใดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดจึงมีความสว่าง (เพราะได้รับแสงจากหลอดไฟ)		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		1.3 นักเรียนจะสรุปความหมายของความสว่างว่าอย่างไร (ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนผิววัตถุในหนึ่งหน่วยพื้นที่) 1.4 การทดลองตอนที่ 1 หลอดไฟดวงใดมีค่าความสว่างมากที่สุด เพราะเหตุใด (หลอด C เพราะมีแสงออกจากหลอดไฟและไปตกกระทบบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมากที่สุด) 1.5 ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟมีผลต่อความสว่างบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดอย่างไร (ถ้าแสงที่ออกจากหลอดไฟมีปริมาณมาก จะทำให้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมีความสว่างมาก และถ้าแสงที่ออกจากหลอดไฟมีปริมาณน้อย ก็จะทำให้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมีความสว่างน้อย) 1.6 การทดลองตอนที่ 2 เมื่อเลื่อนหลอดไฟให้ห่างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมากขึ้นเรื่อยๆ ความสว่างที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		อย่างไร (ความสว่างที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์มีค่าลดลง) 1.7 ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ด และความสว่างที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (ถ้าระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ดเพิ่มขึ้น ความสว่างที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์ก็จะมีค่าลดลง และถ้าระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ดลดลง ความสว่างที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น) 1.8 จากผลการทดลองทั้งสองตอน นักเรียนคิดว่าอะไรบ้างที่มีผลต่อความสว่างบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (1.ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ 2.ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ด) 1.9 นักเรียนจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร (ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟและระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ดมีผลต่อความ		

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา/สาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผล
		สว่างบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด กล่าวคือ ถ้าหากแสงที่ออกจากหลอดไฟมีปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสว่างบนฟิวเจอร์บอร์ดเพิ่มขึ้นด้วย และถ้าระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ดเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสว่างบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดลดลง) 2. ครูกล่าวว่า “หลอดไฟ หรือวัตถุที่ให้แสงได้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหล่งกำเนิดแสง ส่วนฟิวเจอร์บอร์ดกระดาน ก็คือวัตถุ” ครูให้นักเรียนสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุใหม่ โดยใช้คำที่กล่าวมาข้างต้นแทนลงในประโยค (ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ คือ 1.ปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง 2.ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุ) 3. ครูให้นักเรียนบันทึกปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุลงในสมุด		

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
การตั้งสมมติฐาน	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้สมบูรณ์ รวมทั้งดำเนินงานด้วยขั้นตอนที่ถูกต้อง	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์	ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหา ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ไม่ครบถ้วน	ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหา ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
การปฏิบัติการทดลอง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้เองอย่างถูกต้อง	ดำเนินการทดลองได้เอง แต่ต้องการคำแนะนำการใช้อุปกรณ์เป็นบางครั้ง	ต้องให้ความช่วยเหลือเป็นบางครั้งในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	ต้องให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์
ความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง	ดำเนินการทดลองและใช้อุปกรณ์ทำการทดลองได้เหมาะสม มีความปลอดภัยและทำการทดลองได้เสร็จทันเวลา	ทำการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ทัน เวลาที่กำหนด แต่ยังต้องการคำแนะ นำการใช้อุปกรณ์บ้างเป็นครั้งคราว	ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด แต่ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและไม่มีการเสียหาย	ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด และทำวัสดุอุปกรณ์บางชิ้นชำรุดเสียหาย
การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลทุกช่วงเวลาอย่างสม่ำเสมอ มีข้อมูลสำคัญครบถ้วน	บันทึกผลอย่างสม่ำเสมอ มีข้อมูลครบตามตารางบันทึกผล	บันทึกผลไม่สม่ำเสมอ มีข้อมูลไม่ตรงตามตารางบันทึกผลการ	บันทึกผลการทดลองไม่สม่ำเสมอ มีข้อมูลไม่

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
	และถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ ใช้ภาษาถูกต้องแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย	การทดลอง แต่ไม่ครอบคลุมหลักวิทยาศาสตร์ ใช้ภาษาถูกต้อง	ทดลอง แต่ข้อมูลที่บันทึกถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ ใช้ภาษาที่ไม่เหมาะสมทำให้เข้าใจยาก	ครบถ้วนตามตารางบันทึกผลการทดลอง
การแปลความหมายข้อมูลและการสรุปผล	แปลความหมายถูกต้องและสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล	แปลความหมายถูกต้องแต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน	แปลความหมายถูกต้องเป็นบางส่วน แต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล	แปลความหมายไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่สรุปผล
การนำเสนอ (บันทึกผลการทดลอง และเขียนรายงานการทดลอง)	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุม เขียนรายงานการทดลองได้อย่างสมบูรณ์เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้เอง เขียนรายงานการทดลองยังไม่เป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์	ต้องให้คำแนะนำเป็นบางครั้งในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง รวมทั้งการเขียนรายงานการทดลอง	ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง รวมทั้งเขียนรายงานการทดลอง

เอกสารการทดลอง
เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

ชื่อ-สกุล……ชั้น……เลขที่.....กลุ่มที่……

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. ตอบคำถามก่อนทำกิจกรรม
2. ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนด และตอบคำถามหลังการทำกิจกรรม

คำถามก่อนการทดลอง

1. ปัญหาของการทดลองนี้ คืออะไร

……

2. วัตถุประสงค์ของการทดลอง คืออะไร

……

3. สมมติฐานการทดลอง คืออะไร

……

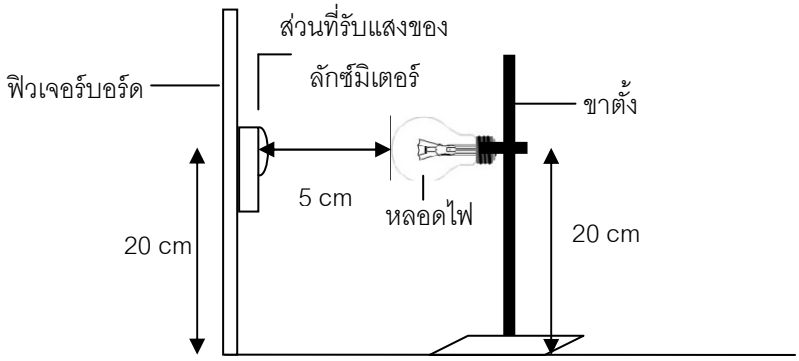
สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

1.	หลอดไฟแบบไส้ที่มีขนาดเท่ากัน 3 ชนิด อย่างละ 1 หลอด รวม (หลอดไฟ A, หลอดไฟ B, หลอดไฟ C)	3	หลอด
2.	ขั้วหลอดไฟฟ้า	1	ชุด
3.	หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ	1	เครื่อง
4.	ขาตั้ง	1	อัน
5.	ไม้บรรทัด	1	อัน
6.	ลักซ์มิเตอร์	1	เครื่อง
7.	แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 30 x 20 เซนติเมตร	1	แผ่น
8.	กระดาษกาวสองหน้า	1	ชิ้น

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1

1. นำหลอดไฟ A ต่อเข้ากับขั้วหลอดไฟ และนำไปหนีบกับขาตั้ง และต่อสายไฟเข้ากับถ่านไฟฉาย
2. สังเกตปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ และปริมาณแสงที่ตกกระทบแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด บันทึกผลการสังเกต (มาก – ปานกลาง - น้อย)
3. นำส่วนที่รับแสงของลักซ์มิเตอร์ติดไว้กับฟิวเจอร์บอร์ด โดยให้ส่วนที่รับแสงหันมาทางด้านหลอดไฟที่ระดับความสูงเดียวกัน และอยู่ห่างจากหลอดไฟเป็นระยะ 5 เซนติเมตร ดังรูป อ่านค่าความสว่างแล้วบันทึกผล



4. ถอดสายไฟออกจากเต้าเสียบ ทำการทดลองเหมือนข้อ 1 – 3 แต่เปลี่ยนหลอดไฟ A เป็นหลอดไฟ B และหลอดไฟ C ตามลำดับ
5. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1- 5 ใหม่ อีก 2 ครั้ง

ตอนที่ 2

1. นำหลอดไฟ A ต่อเข้ากับขั้วหลอดไฟ และนำไปหนีบกับขาตั้ง และต่อสายไฟเข้ากับถ่านไฟฉาย
2. นำส่วนที่รับแสงของลักซ์มิเตอร์ติดไว้กับฟิวเจอร์บอร์ด โดยให้ส่วนที่รับแสงหันมาทางด้านหลอดไฟที่ระดับความสูงเดียวกัน และอยู่ห่างจากหลอดไฟเป็นระยะ 5 เซนติเมตร อ่านค่าความสว่างแล้วบันทึกผล
3. สังเกตปริมาณแสงที่ตกกระทบแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด บันทึกผลการสังเกต (มาก – ปานกลาง - น้อย)

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนระยะห่างเป็น 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ
5. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1- 3 ใหม่ อีก 2 ครั้ง

บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ความสว่างที่เกิดจากหลอดไฟที่มีปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟที่แตกต่างกัน

หลอดไฟแบบไส้	ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ	ปริมาณแสงที่ตกกระทบแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด	ค่าความสว่าง (ลักซ์)			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
A						
B						
C						

ตารางที่ 2 ความสว่างที่เกิดขึ้นจากการได้รับแสงจากหลอดไฟที่ระยะห่างต่างๆ

ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ด	ปริมาณแสงที่ตกกระทบแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด	ค่าความสว่าง (ลักซ์)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
5 เซนติเมตร					
10 เซนติเมตร					
15 เซนติเมตร					

คำถามหลังทำกิจกรรม

1. ปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟมีผลต่อความสว่างบนฟิวเจอร์บอร์ดหรือไม่ อย่างไร

   .....

   .....

   .....

   .....

2. ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับฟิวเจอร์บอร์ดมีผลต่อความสว่างบนฟิวเจอร์บอร์ดหรือไม่อย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. จากผลการทดลองทั้งสองตอน นักเรียนคิดว่าอะไรบ้างที่ส่งผลต่อความสว่างบนผิววัตถุ

   .....

   .....

   .....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตารางวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. ตารางวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายข้อ

เนื้อหา	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความรู้ความจำ (ร้อยละ 30)			ความเข้าใจ (ร้อยละ 40)			การนำไปใช้ (ร้อยละ 30)		
				ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง
1. ความสว่าง (3 ข้อ)	1	0.60	0.50	1 ข้อ (1)	-	**1 ข้อ** (1)	1 ข้อ (2)	-	**1 ข้อ** (2)	1 ข้อ (3)	-	**1 ข้อ** (3)
	2	0.55	0.20									
	3	0.48	0.25									
2. การสะท้อนของแสง (8 ข้อ)	4	0.43	-0.25	2 ข้อ (6, 11)	-	**2 ข้อ** (6, 11)	3 ข้อ (5, 7, 9)	2 ข้อ (4, 10)	**3 ข้อ** (5, 7, 9)	3 ข้อ (8, 12, 13)	-	**3 ข้อ** (8, 12, 13)
	5	0.55	0.50									
	6	0.38	0.35									
	7	0.20	0.30									
	8	0.25	0.30									
	9	0.40	0.40									
	10	0.15	0.00									
	11	0.38	0.45									
	12	0.33	0.45									
	13	0.65	0.60									
3. การหักเหของแสง (10 ข้อ)	14	0.58	0.35	3 ข้อ (14, 18, 23)	-	**3 ข้อ** (14, 18, 23)	4 ข้อ (15, 20, 26, 27)	4 ข้อ (16, 19, 21, 22, 28)	**4 ข้อ** (15, 20, 26, 27)	3 ข้อ (17, 24, 25)	-	**3 ข้อ** (17, 24, 25)
	15	0.63	0.25									
	16	0.10	0.00									
	17	0.58	0.25									
	18	0.48	0.25									
	19	0.38	0.15									
	20	0.48	0.35									
	21	0.40	0.00									
	22	0.35	0.10									
	23	0.38	0.45									
	24	0.30	0.40									
	25	0.53	0.25									

เนื้อหา	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความรู้ความจำ (ร้อยละ 30)			ความเข้าใจ (ร้อยละ 40)			การนำไปใช้ (ร้อยละ 30)		
				ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่ใช้จริง
	26	0.38	0.35									
	27	0.25	0.30									
	28	0.25	0.00									
4. **ทัศนูปกรณ์** (3 ข้อ)	29	0.10	0.00	1 ข้อ (33)	1 ข้อ (29)	**1 ข้อ** (33)	1 ข้อ (31)	-	**1 ข้อ** (31)	1 ข้อ (30)	1ข้อ (32)	**1 ข้อ** (30)
	30	0.75	0.20									
	31	0.43	0.35									
	32	0.53	0.15									
	33	0.75	0.40									
5. **นัยน์ตากับการมองเห็น** (3 ข้อ)	34	0.20	0.20	2 ข้อ (34, 37)	1 ข้อ (39)	**1 ข้อ** (37)	1 ข้อ (36)	2 ข้อ (38, 35)	**1 ข้อ** (36)	1 ข้อ (40)	-	**1 ข้อ** (40)
	35	0.05	-0.10									
	36	0.20	0.30									
	37	0.43	0.35									
	38	0.48	0.05									
	39	0.18	0.05									
	40	0.25	0.20									
6. **สีของวัตถุและการดูดกลืนของวัตถุสีต่าง ๆ** (3 ข้อ)	41	0.45	0.40	1 ข้อ (41)	-	**1 ข้อ** (41)	1 ข้อ (42)	-	**1 ข้อ** (42)	1 ข้อ (44)	1 ข้อ (43)	**1 ข้อ** (44)
	42	0.35	0.30									
	43	0.18	0.35									
	44	0.60	0.20									
สรุป				10 ข้อ	2 ข้อ	**9 ข้อ**	11 ข้อ	8 ข้อ	**11 ข้อ**	10 ข้อ	2 ข้อ	**10 ข้อ**

<u>หมายเหตุ</u> ข้อสอบที่แรงเงาเป็นข้อสอบที่คัดออก เนื่องจากมีค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลรายข้อ

องค์ประกอบของการคิดเชิงเหตุผล	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่นำไปใช้จริง
การให้เหตุผลเชิงนิรนัย	1	0.80	0.40	15 ข้อ (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)	1 ข้อ (3)	15 ข้อ (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)
	2	0.70	0.20			
	3	1.00	0.00			
	4	0.47	0.27			
	5	0.60	0.40			
	6	0.23	0.33			
	7	0.27	0.27			
	8	0.60	0.53			
	9	0.47	0.27			
	10	0.20	0.27			
	11	0.60	0.27			
	12	0.73	0.53			
	13	0.80	0.40			
	14	0.67	0.27			
	15	0.63	0.47			
	16	0.30	0.33			
การให้เหตุผลเชิงอุปนัย	17	0.40	0.40	15 ข้อ (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33,	3 ข้อ (24, 27, 31)	15 ข้อ (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33,
	18	0.57	0.20			
	19	0.50	0.60			
	20	0.30	0.33			
	21	0.63	0.33			
	22	0.47	0.27			
	23	0.60	0.67			
	24	0.83	0.20			

องค์ประกอบของการคิดเชิงเหตุผล	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อสอบที่ใช้ได้	ข้อสอบที่ใช้ไม่ได้	ข้อสอบที่นำไปใช้จริง
	25	0.33	0.67	34)		34)
	26	0.53	0.27			
	27	0.17	0.07			
	28	0.43	0.73			
	29	0.47	0.67			
	30	0.43	0.47			
	31	0.83	0.33			
	32	0.60	0.27			
	33	0.77	0.47			
	34	0.27	0.27			

หมายเหตุ ข้อสอบที่แรงเงา เป็นข้อสอบที่คัดออก เนื่องจากมีค่าความยาก หรือค่าอำนาจจำแนกไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ภาคผนวก จ

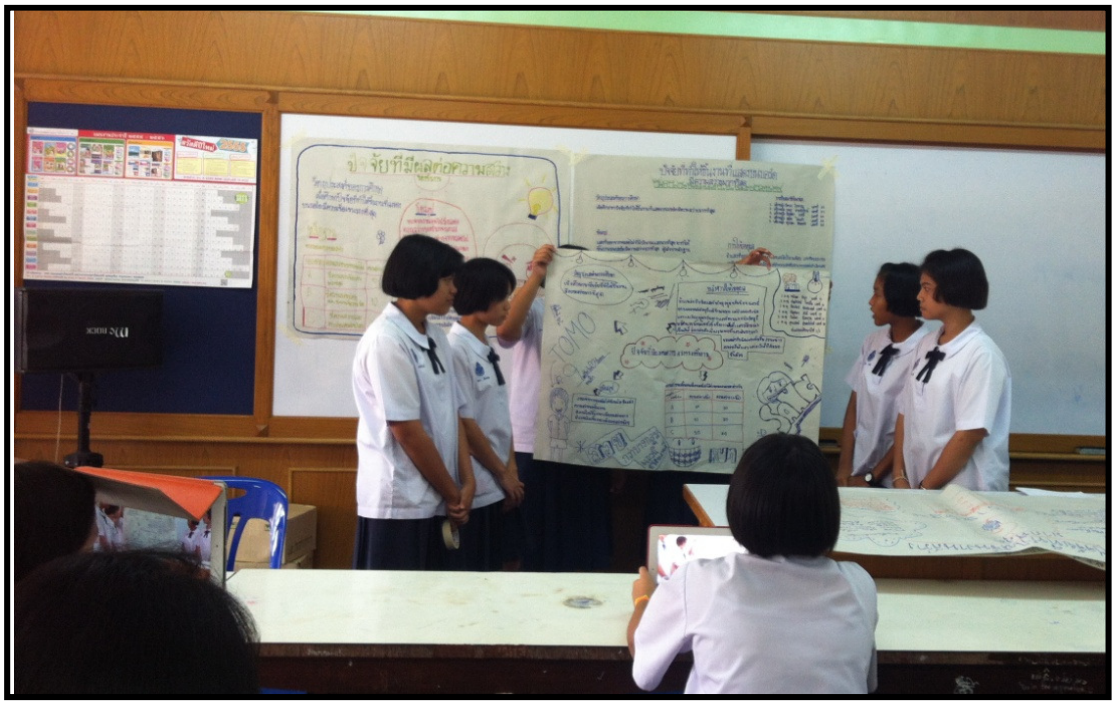
1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. ตัวอย่างภาพกิจกรรม

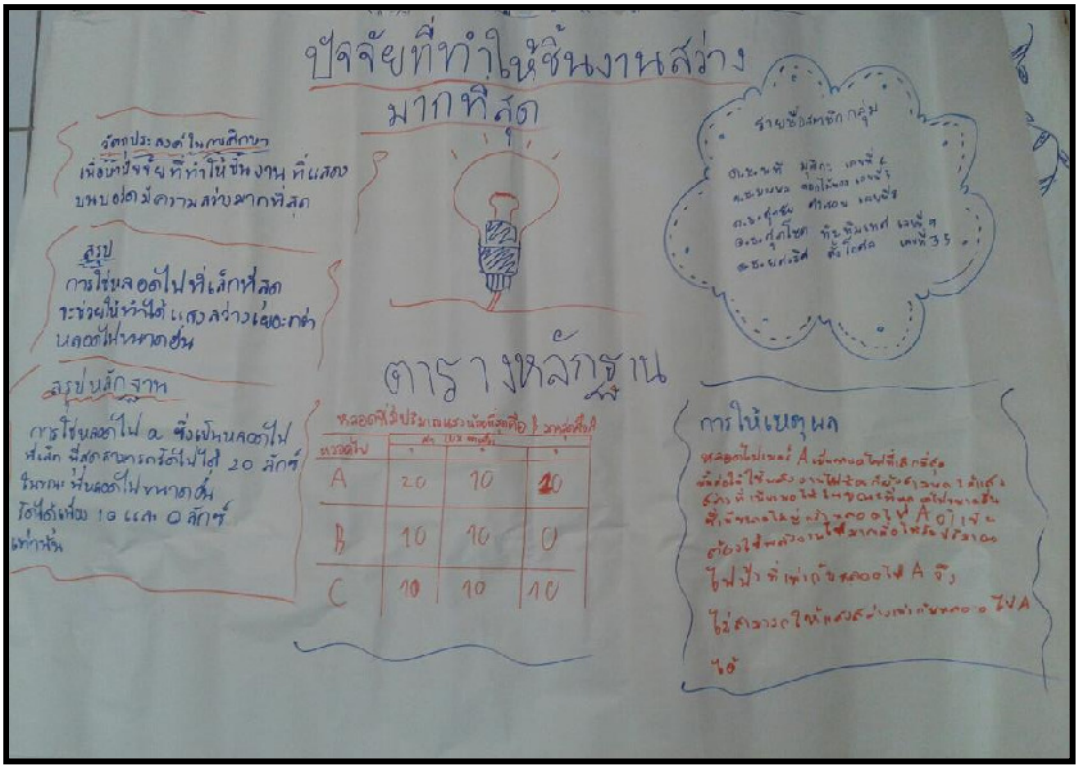
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 22101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 ห้องเรียน

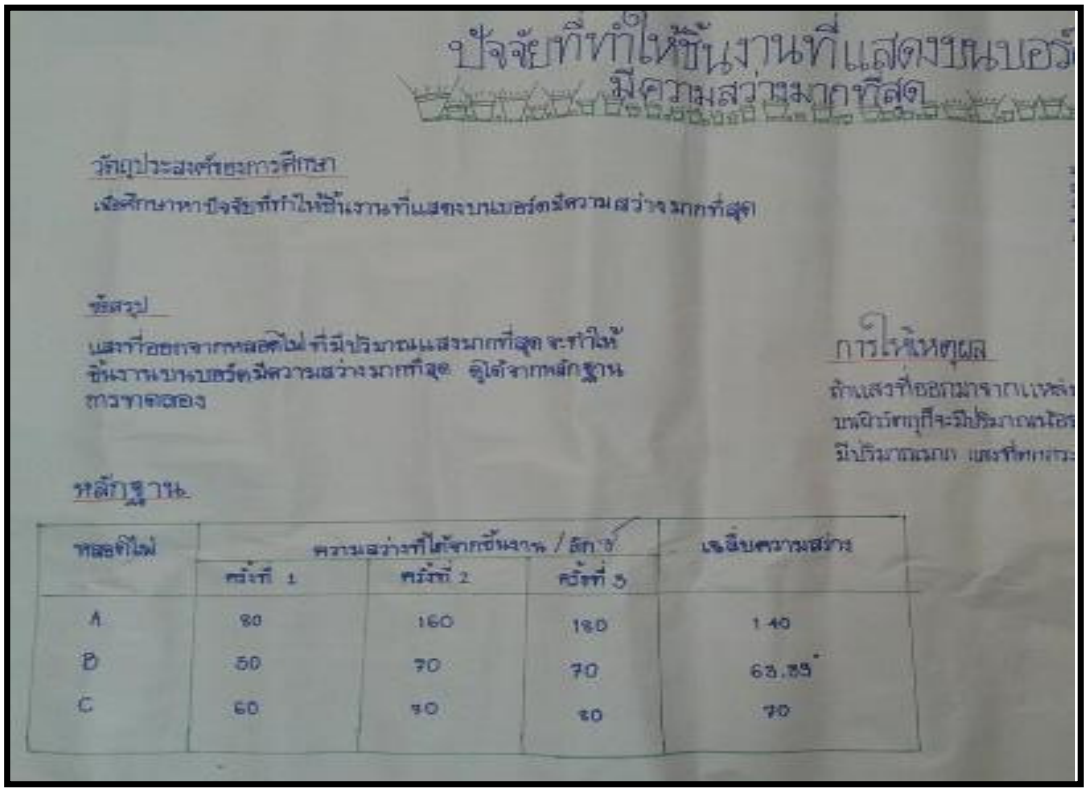
ห้องเรียน	$\bar{X}$	S.D.	F
ม.2/1	60.00	7.50	37.06*
ม.2/2	81.97	4.83	
ม.2/3	59.80	8.23	
ม.2/4	59.21	9.61	
ม.2/5	56.00	10.87	
ม.2/6	55.39	8.53	
ม.2/7	55.08	9.10	

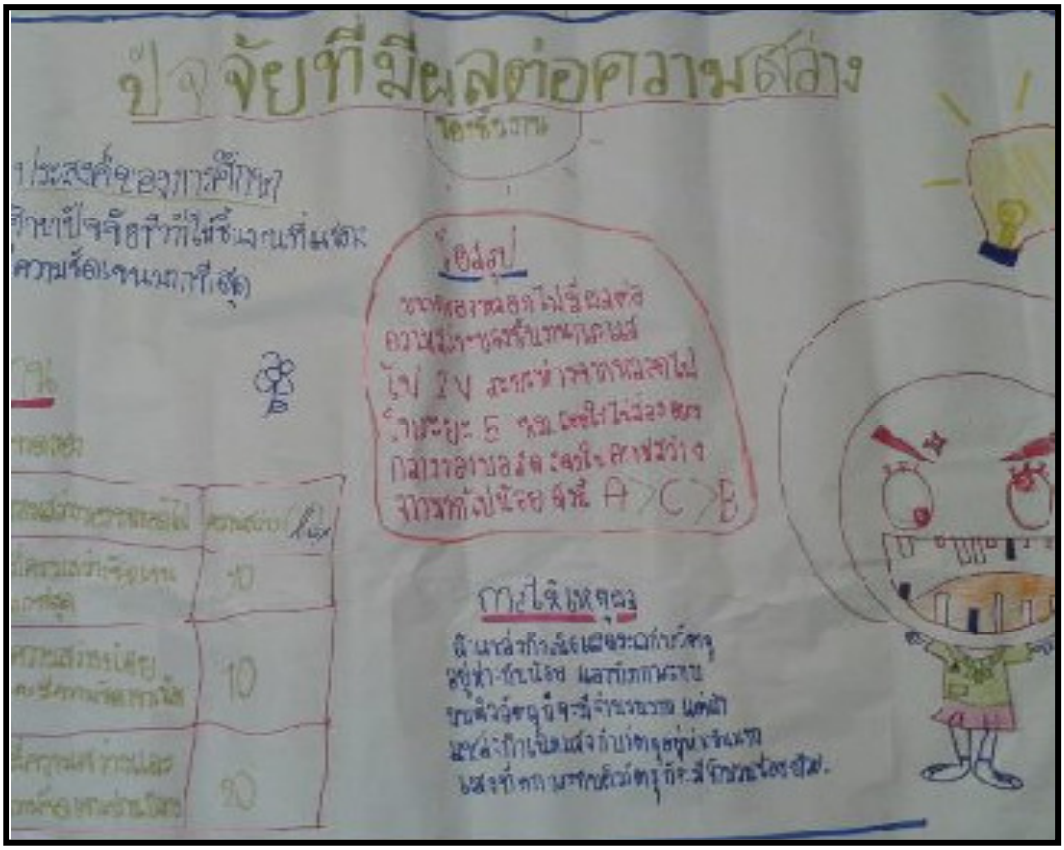
* $P < 0.05$

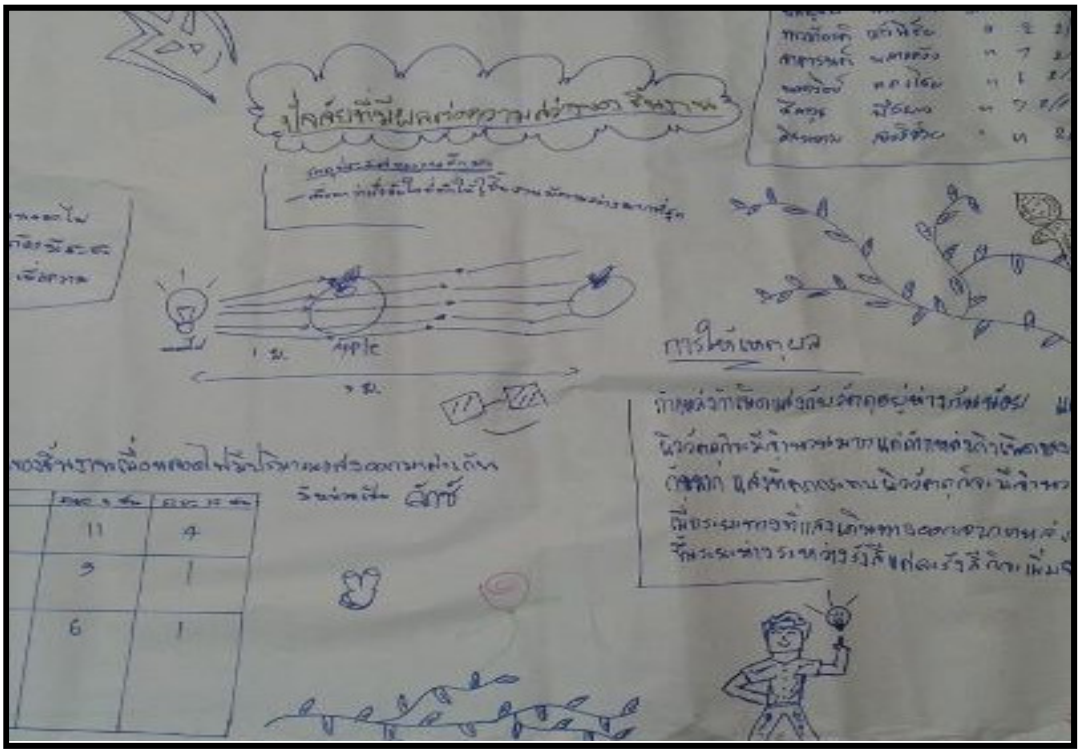
ตัวอย่างภาพกิจกรรม




ปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานสว่างมากที่สุด
จุดประสงค์ในการศึกษา
เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด
สรุป
การใช้หลอดไฟที่เล็กที่สุดจะช่วยให้ชิ้นงานได้แสงสว่างเพียงพอกับหลอดไฟขนาดนั้น
สรุปหลักการ
การใช้หลอดไฟ A ซึ่งเป็นหลอดไฟที่เล็กที่สุดสามารถรับไฟได้ 20 ลักซ์ ในขณะที่หลอดไฟขนาดอื่นรับได้เพียง 10 และ 0 ลักซ์ เท่านั้น
ตารางหลักฐาน
หลอดไฟที่ปริมาณแสงน้อยที่สุดคือ 1 หลอดคือ A
การให้เหตุผล
หลอดไฟ A


ปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด
วัตถุประสงค์ของการศึกษา
เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานที่แสดงบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด
ข้อสรุป
แสงที่ออกจากหลอดไฟที่มีปริมาณแสงมากที่สุด จะทำให้ชิ้นงานบนบอร์ดมีความสว่างมากที่สุด ดูได้จากหลักฐานการทดลอง
การให้เหตุผล
หลักฐาน
หลอดไฟ
ความสว่างที่ได้จากชิ้นงาน / ลักซ์
ครั้งที่ 1
ครั้งที่ 2
ครั้งที่ 3
เฉลี่ยความสว่าง
A 80 160 180 140
B 50 70 70 63.33
C 60 90 60 70


ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่าง
สรุป
A > C > B


ปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟ
การให้เหตุผล

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรัญญา จำปามูล เกิดวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2525 ภูมิลำเนาจังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ในปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ในปีการศึกษา 2549 โดยเป็นนักเรียนทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันรับราชการครู อันดับ คศ.1 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี