

แนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

น.ส.ศัทธียา สิงห์วี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

GUIDELINES FOR SCIENCE INSTRUCTIONAL MANAGEMENT TO PROMOTE ABILITY
IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING OF STUDENTS IN BASIC EDUCATION LEVEL

Miss Kattaleeya Singwee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Curriculum and Instruction
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริม
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

โดย

น.ส.ศุภลดา สิงห์วี

สาขาวิชา

หลักสูตรและการสอน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาโรณี ตรีวิญญู)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า)

กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์นธ์ เดชะคุปต์)

คัทลียา สิงห์วี : แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (GUIDELINES FOR SCIENCE INSTRUCTIONAL MANAGEMENT TO PROMOTE ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING OF STUDENTS IN BASIC EDUCATION LEVEL)
 อ.ที่ปรึกษาหลัก: ผศ.ดร.ยศวีร์ สายฟ้า

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2) เพื่อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (3) เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ (1) ระยะการวิเคราะห์ห่อภิมานงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) การคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (3) ระยะการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย คือ วิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวนทั้งสิ้น 11 เล่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยและแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ค่าสถิติที่ใช้ ได้แก่ สถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และค่าขนาดอิทธิพลตามแนวคิดของ Glass

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่าตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยทั้งหมด 22 ตัวแปรส่งผลต่อขนาดอิทธิพลไม่แตกต่างกัน มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 10 รูปแบบที่ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลในระดับสูง

2. องค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมานพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง พฤติกรรมของครูมีทั้งหมด 10 พฤติกรรม และพฤติกรรมของนักเรียนมีทั้งหมด 7 พฤติกรรม

3. แนวทางที่ได้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) กิจกรรมการเรียนการสอนควรอยู่ในรูปแบบที่เน้นทักษะกระบวนการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองมีค่าขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานสูงสุด เทคนิคที่ควรใช้คือเทคนิคการใช้คำถาม 2) สื่อการสอนควรใช้ของจริง ใบกิจกรรม และการจัดนิทรรศการ 3) การวัดและประเมินผลของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์ และการให้เหตุผล

สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

#5883410427 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION

KEYWORD: SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING, SCIENCE INSTRUCTIONAL MANAGEMENT, BASIC
EDUCATION LEVEL

Kattaleeya Singwee : GUIDELINES FOR SCIENCE INSTRUCTIONAL MANAGEMENT TO PROMOTE
ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING OF STUDENTS IN BASIC EDUCATION LEVEL

Advisor: Asst. Prof. YOTSAWEE SAIFAH, Ph.D.

The research was aimed to (1) study the effect size of the research attributes on science instructional management to promote ability in scientific explanation making of students in basic education level (2) predicate on science instructional management to promote ability in scientific explanation making of students in basic education level by using meta-analysis (3) propose guidelines for science instructional management to promote ability in scientific explanation making of students in basic education. The research consists of three phases: (1) meta-analysis on related researches (2) select and analyze the research characteristics about instructional management and (3) synthesis the guidelines for science instructional management to promote ability in scientific explanation making of students in basic education level. The sample of the research is eleven research reports about science instructional management to promote ability in scientific explanation making of students in basic education level. The characteristics of research record and the quality of research assessment were used as the research tools. The data analysis included descriptive statistic, one-way ANOVA and the calculation of effect size by Glass method.

The research findings were found that:

1. The analysis of using one-way ANOVA found none of the twenty-two research characteristics affecting the effect size at significant level. There are ten science instructions from the sample research reports that have high level of effect size.

2. Bases on meta-analysis, the science instruction using model is the most popular instruction. There are ten teacher's behaviors and There are seven student's behaviors.

3. The guidelines comprised 3 aspects: Aspect 1: Instructional activities should focus on process skill. In addition, Inquiry-based learning using model has the largest affected on ability in scientific explanation making of students in basic education level. A desirable teaching technique is questioning. Aspect 2: Using science media and resources should be hand-on learning resources, activity sheet and classroom's exhibition. Aspect 3: Assessment and evaluation of a scientific explanation should cover 3 parts; claims, evidences and reasoning.

Field of Study: Curriculum and Instruction

Student's Signature:

Academic Year: 2018

Advisor's Signature:

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำแนะนำคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย รวมถึงความมีเมตตาและความเข้าใจต่อช่วงสถานการณ์ที่ผู้วิจัยตัดสินใจพักการทำวิจัยชั่วคราว ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวรัญญู ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณพ่อและคุณแม่เป็นอย่างสูงที่ทำให้กำลังใจ ห่วงใย เคารพการตัดสินใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา รวมถึงน้องสาวที่เป็นผู้รับฟังที่ดีและช่วยเหลือซึ่งกันและกันเสมอมา และที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณคุณสามีที่อยู่เคียงข้างกันเสมอ คอยให้กำลังใจและเชื่อมั่นในตัวผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณสถาบันกวดวิชาเดอะชานซ์ที่ทำให้ผู้วิจัยได้เติบโตในแง่มุมของธุรกิจการศึกษา ถึงแม้จะผลกระทบต่อการทำวิจัย แต่สิ่งนี้ทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้ในหลาย ๆ อย่างซึ่งเป็นประสบการณ์ชีวิตที่มีคุณค่าทางจิตใจมากเหลือเกิน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณตัวข้าพเจ้าเองที่มานะอดทน ผ่านพันสารพัดเรื่องราวมากมาย ซึ่งถือเป็นช่วงชีวิตที่มีเปลี่ยนแปลงสูงสุด ไม่ว่าจะทั้งการเรียนปริญญาโท การเปิดธุรกิจ การทำงานประจำครั้งแรกในชีวิต และการเริ่มต้นชีวิตคู่ รวมถึงความกดดันที่มาจากหลายด้าน สิ่งหนึ่งที่ข้าพเจ้าคิดกับตัวเอง ณ ตอนนี คือ ความภูมิใจในตัวเอง ซึ่งข้าพเจ้าเห็นว่าความภาคภูมิใจที่เกิดขึ้นในครั้งนี้จะเป็นหนึ่งในแรงขับเคลื่อนภายในต่อข้าพเจ้าในพัฒนาตนเองต่อไป

ศัทธลียา สิงห์วี

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง	ง
กิตติกรรมประกาศ.....จ	จ
สารบัญ.....ฉ	ฉ
สารบัญตาราง.....ฅ	ฅ
สารบัญภาพ.....ฉุ	ฉุ
บทที่ 1 บทนำ 1	1
ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย..... 1	1
คำถามวิจัย 5	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6	6
ขอบเขตการวิจัย..... 6	6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 9	9
ประโยชน์ที่ได้รับ 11	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12	12
1. แนวทางการจัดการเรียนการสอน..... 13	13
1.1 ความหมายของการจัดการเรียนการสอน 13	13
1.2 การจัดการเรียนการสอน 14	14
1.3 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอน 16	16
1.4 การพัฒนาการจัดการเรียนการสอน..... 18	18
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 22	22
2.1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 22	22
2.2 กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 25	25
2.3 สื่อการสอนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 27	27
2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 27	27

3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	31
3.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	31
3.2 องค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	33
3.3 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	35
3.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	36
4. การสังเคราะห์งานวิจัย.....	39
4.1 ความหมายของการสังเคราะห์งานวิจัย.....	39
4.2 ความสำคัญและความจำเป็นของการสังเคราะห์งานวิจัย.....	40
4.3 ประเภทของการสังเคราะห์งานวิจัย.....	40
5. การวิเคราะห์ห่อภิมาณ.....	41
5.1 ความเป็นมาของการวิเคราะห์ห่อภิมาณ.....	41
5.2 ความหมายของการวิเคราะห์ห่อภิมาณ.....	41
5.3 วิธีการดำเนินการวิเคราะห์ห่อภิมาณ.....	42
5.4 ขนาดอิทธิพล.....	47
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	48
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ห่อภิมาณ.....	51
7. กรอบแนวคิดงานวิจัย.....	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	55
ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อ	
ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาชั้น	
พื้นฐาน.....	59
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	59
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	62
3. เครื่องมือที่ใช้การวิจัย.....	67
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	74
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	75

ระยะที่ 2 การคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์อภิमान และการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์อภิमान	77
ระยะที่ 3 การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน	77
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์อภิमानคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดเรียน การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และผลการวิเคราะห์คุณภาพของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์79	
ตอนที่ 2 ข้อเสนอองค์ความรู้จากการวิเคราะห์อภิमानคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการ เรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน	83
ตอนที่ 3 ข้อเสนอองค์ความรู้จากการวิเคราะห์เนื้อหาของงานวิจัยกลุ่มตัวอย่าง	88
ตอนที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน.....	99
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	113
สรุปผลการวิจัย	114
การอภิปรายผลการวิจัย	123
ข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	128
บรรณานุกรม.....	130
ภาคผนวก.....	136
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	137
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	139
ภาคผนวก ค รายชื่องานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์.....	161
ประวัติผู้เขียน.....	164

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ระดับการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.....	24
ตารางที่ 2	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008).....	38
ตารางที่ 3	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ BSCS Center for Professional Development	39
ตารางที่ 4	สูตรการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามข้อมูลเชิงสถิติของแผนการวิจัยที่แตกต่างกัน	45
ตารางที่ 5	ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	56
ตารางที่ 6	ผลการสืบค้นวิทยานิพนธ์ จำนวนงานวิจัยและร้อยละของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์.....	62
ตารางที่ 7	รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย	63
ตารางที่ 8	โครงสร้างของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย.....	71
ตารางที่ 9	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องในการประเมินจากแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย.....	73
ตารางที่ 10	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัย ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์	80
ตารางที่ 11	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัย ด้านการจัดการเรียนการสอน	81
ตารางที่ 12	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัย ด้านการวัดและประเมินผล.....	82
ตารางที่ 13	คุณลักษณะงานวิจัยด้านคุณภาพงานวิจัย.....	83
ตารางที่ 14	ความถี่และร้อยละของคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน.....	84
ตารางที่ 15	ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของคุณลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน	88
ตารางที่ 16	ความถี่และร้อยละด้านสื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกลุ่ม ตัวอย่างงานวิจัย 11 เล่ม	93
ตารางที่ 17	ความถี่และร้อยละด้านการวัดและประเมินของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย 11 เล่ม	96

ตารางที่ 18	นิยามและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	97
ตารางที่ 19	เกณฑ์การให้คะแนนทั่วไปของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์	98
ตารางที่ 20	เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยกลุ่มตัวอย่างกับขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	101
ตารางที่ 21	เปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ.....	104
ตารางที่ 22	สื่อการสอนที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาเรียงลำดับจากการใช้สูงสุดถึงน้อยสุด.....	111

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	54
------------------------------------	----

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 กรอบทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 และกรอบแนวคิดการดำเนินงานแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ได้ระบุถึงปัญหาการศึกษาของประเทศไทยที่สะสมมาอย่างยาวนาน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความแตกต่างของคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาระหว่างสถานศึกษา ปัญหาความเหลื่อมล้ำในโอกาสและความเสมอภาคทางการศึกษา ปัญหาการผลิตกำลังคนไม่สนองต่อความต้องการของตลาดแรงงานและปัญหาผู้สำเร็จการศึกษาขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การใช้เหตุผล ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสมรรถนะในการปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลิตภาพของกำลังแรงงานภายใต้ระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศและของโลกที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและความคิด อีกทั้งยังทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยลดลง ด้วยเหตุนี้การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์จึงเป็นสิ่งที่ถูกกำหนดเป็นยุทธศาสตร์แรกในการพัฒนาประเทศในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 เพื่อให้ภาคการศึกษาสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 จึงกำหนดเป้าหมายต่อตัวผู้เรียน โดยผู้เรียนแต่ละระดับการศึกษาจะต้องได้รับการพัฒนาขีดความสามารถเต็มตามศักยภาพของแต่ละบุคคล มีคุณลักษณะนิสัยหรือพฤติกรรมที่พึงประสงค์ มีองค์ความรู้ที่สำคัญ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งทักษะการดำรงชีวิต ความรู้ความสามารถและสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงานและการพัฒนาประเทศ

เนื่องจากปัจจุบันระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศและของโลกถูกขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและความคิด สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2561) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการศึกษาของประเทศไทยกับนานาชาติ โดยใช้ดัชนีของสถาบันเพื่อพัฒนาการจัดการนานาชาติ (International Institute for Management Development: IMD) ทั้งนี้สถาบัน IMD พิจารณาจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศตามปัจจัยหลักที่สำคัญ 4 ด้าน คือ 1) สมรรถนะทางเศรษฐกิจ 2) ประสิทธิภาพของภาครัฐ 3) ประสิทธิภาพของภาคธุรกิจ และ 4) โครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งแต่ละด้านประกอบด้วย 5 ปัจจัยย่อย โดยหนึ่งในนั้นก็คือการประเมินปัจจัยด้านการศึกษา โดยผลของตัวชี้วัดหนึ่งด้านการศึกษาที่น่าสนใจคือความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมีอันดับที่สูงขึ้นซึ่งผลการประเมินนี้ได้มาจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริหารภาคเอกชน

โดยสมาคมการจัดการธุรกิจแห่งประเทศไทย สะท้อนให้เห็นว่าผลจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมมีการเจริญเติบโต ดังนั้นการจัดการศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้รับผิดชอบหลักในการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยได้ร่วมมือกับองค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกและประเทศร่วมโครงการ PISA โดยทำการประเมินใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านรู้เรื่องการอ่าน ด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และด้านการรู้วิทยาศาสตร์ การประเมินแต่ละครั้งจะให้ความสำคัญแต่ละด้านแตกต่างกัน เพื่อได้ข้อมูลที่สะท้อนถึงคุณภาพทางการศึกษาว่าได้เตรียมความพร้อมให้แก่ผู้เรียนเพื่อเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ และมีสมรรถนะในการแข่งขันในระดับใดเมื่อเทียบกับประชาคมโลก ทั้งนี้ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ผู้นำของโลกได้ร่วมกันวางเป้าหมายของประชาคมโลกในด้านการพัฒนาการศึกษาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDG) โดยหนึ่งในเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ การให้มีการศึกษาที่ทั่วถึงมีคุณภาพการศึกษาที่เท่าเทียมกันและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งวิธีที่จะใช้ตรวจสอบและประเมินเป้าหมายดังกล่าวคือ การพิจารณาว่าประเทศนั้น ๆ ได้มีการเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินชีวิตให้แก่เด็กนักเรียนที่จบการศึกษาได้ดีเพียงใด โดยดูจากสัดส่วนของจำนวนนักเรียนอายุ 15 ปีของประเทศนั้น ๆ ที่มีผลสอบสูงกว่าเส้นพื้นฐานต่ำสุดจากการประเมิน PISA ทั้งสามด้าน

ในปี 2015 PISA ได้กำหนดกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) โดยให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงถึงความเป็นพลวัตของพลเมือง ซึ่งบุคคลที่มีความสามารถด้านการรู้วิทยาศาสตร์ จะประกอบด้วย 3 สมรรถนะ คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013) ผลการประเมิน PISA ของประเทศไทยในปี 2015 พบว่า ด้านการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีคะแนนต่ำลงจนเท่ากับการประเมิน PISA 2006 ที่ให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์เป็นหลักเช่นกัน ซึ่งวัดได้ว่าการจัดการเรียนรู้อุทยานวิทยาศาสตร์ของไทยนั้นยังไม่บรรลุผลตามจุดเน้นการประเมิน PISA ที่เน้นการใช้ความสามารถในการใช้ความรู้

และทักษะในการแก้ปัญหา ซึ่งถือเป็นสิ่งจำเป็นของการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

จากสมรรถนะทั้ง 3 ของการรู้วิทยาศาสตร์พิจารณาร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูม (Bloom's taxonomy) ตามแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) เห็นได้ว่าสมรรถนะการอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะอยู่ในระดับความสามารถขั้นการนำไปใช้ เนื่องจากผู้เรียนต้องใช้ความสามารถในการระลึกความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม พร้อมกับการแปลความ ขยายความจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ แล้วนำองค์ความรู้เดิมประกอบกับองค์ความรู้ใหม่มาก่อให้เกิดสิ่งใหม่หรือนำไปใช้ในสถานการณ์ที่ต่างจากเดิมได้ (ณัฐพงษ์ พลาลพ, 2554) ซึ่งถือเป็นสมรรถนะพื้นฐานในการนำไปสู่สมรรถนะที่ 2 และ 3 ต่อไป ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาตัวแปรการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ทั้งนี้ความสามารถในการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือความสามารถของนักเรียนในการเขียนอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 2) ข้อมูลและประจักษ์พยานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ๆ 3) การให้เหตุผล โดยใช้การเชื่อมโยงระหว่าง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากข้อกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป และหลักฐานเชิงประจักษ์ นอกจากนี้นักวิชาการหลายท่านเชื่อว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหรือประจักษ์พยานเพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม และช่วยให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (วิโรจน์ ลีวงศ์สถาพร , 2552)

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเปลี่ยนไปจากเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเป็นการสร้างความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา นักการศึกษาหลายท่านจึงได้พัฒนาหรือใช้รูปแบบการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อันเป็นความสามารถพื้นฐานที่จะนำไปสู่ความสามารถอื่น ๆ ต่อไป เช่น จงกล บุญรอด (2558) ศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย

ร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม พงษ์ลักษณ์ ขวัญใจ (2555) ศึกษาเกี่ยวกับผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

เห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะบรรลุผลหรือไม่นั้น ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญคือ ครู ผู้ซึ่งเป็นผู้จัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายการศึกษาที่กำหนด ดังนั้นการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจึงเป็นสิ่งสำคัญ และควรมีการจัดกระทำข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 พ.ศ.2552 - 2561 พบว่ายังไม่ปรากฏนักวิจัยท่านใดทำการวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยในประเด็นดังกล่าวผนวกกับการให้ความสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้วนำข้อสรุปจากการวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยมาใช้ในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาว่าหากมีการวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยในหัวข้อนี้ ข้อค้นพบที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์แก่โรงเรียน หน่วยงานทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องหรือครู ในการ

นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต พัฒนาผู้เรียนให้กลายเป็นบุคคลที่มีคุณภาพทั้งในด้านของความรู้ ทักษะ และการดำรงชีวิตในสังคมพลวัตสนองต่อเป้าหมายในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของแผนการศึกษาชาติและร่างรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2559

คำถามวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีคำถามการวิจัยคือแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ มีลักษณะอย่างไร โดยมีข้อคำถามย่อย ดังนี้

1. คุณลักษณะของงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพลอย่างไร

2. ข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นอย่างไร

3. แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการประมวลข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยมีลักษณะอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย คือ

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. เพื่อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
3. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสังเคราะห์แนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ ผู้วิจัยจึงแบ่งระยะของการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะการวิเคราะห์ห่อภิมาณคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2) ระยะการคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ 3) ระยะการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยมีขอบเขตในการวิจัยดังนี้

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ทอภิมานงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน

การวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จัดทำ ขึ้นในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 – 2561 แต่เนื่องจากขณะผู้วิจัย ทำการศึกษาเรื่องนี้ในปี พ.ศ. 2560 ดังนั้นงานวิจัยที่จะนำมาวิเคราะห์ทอภิมานจะเป็นงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องกับประเด็นดังกล่าวในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2560 ซึ่งอีกหนึ่งสาเหตุที่เลือกเฉพาะงานวิจัยใน ช่วงเวลาดังกล่าว เพราะเป็นช่วงเริ่มต้นของการใช้แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 ที่มี เป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนอันเป็นกำลังของชาติ ให้กลายเป็นบุคคลที่มีคุณภาพทั้งในด้านของ ความรู้ ทักษะ และการดำรงชีวิตในสังคมพลวัต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยมีขอบเขตในการวิจัยดังนี้

1. ประชากร

ประชากรการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของ มหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สาเหตุที่เลือก ประชากร 2 กลุ่มนี้ เนื่องจากเป็นมหาวิทยาลัยปิดของรัฐที่มีการเปิดสอนในสาขาวิทยาศาสตร์/การ สอนวิทยาศาสตร์ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นสถาบันที่เน้น ศาสตร์ทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ คุณลักษณะงานวิจัย จำนวน 22 ตัวแปร แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านผู้วิจัยและ การพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน ด้านคุณภาพวิจัย ซึ่งสามารถอธิบาย รายละเอียดเพิ่มเติมได้ดังนี้

1. ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ประกอบด้วย 7 ตัวแปร คือ 1) สถาบันที่ผลิตงานวิจัย 2) แหล่งที่ผลิตงานวิจัย 3) สาขาที่ผลิตงานวิจัย 4) ระดับการศึกษาของผู้วิจัย 5) เพศของผู้วิจัย 6) ปีที่พิมพ์ และ 7) ภูมิภาคที่ทำการวิจัย

2. ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 11 ตัวแปร คือ 1) นวัตกรรมการเรียนจัดการเรียนรู้ 2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3) รูปแบบการสืบสอบวิทยาศาสตร์ 4) พฤติกรรมของครู 5) พฤติกรรมของนักเรียน 6) จำนวนขั้นตอนการเรียนการสอน 7) จำนวนนวัตกรรมที่ใช้ 8) จำนวนคาบเรียน 9) ระดับชั้น 10) ขั้นตอนในการเรียนการสอน 11) เทคนิคที่ใช้ร่วม

3. ด้านการวัดและประเมิน ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ 1) จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ 2) การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. ด้านคุณภาพงานวิจัย ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ คะแนนคุณภาพงานวิจัย

ตัวแปรตาม คือ ค่าขนาดอิทธิพลซึ่งมาจากการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ระยะที่ 2 การคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

หลักจากการวิเคราะห์ห่อภิมาณคุณลักษณะงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 22 ตัวแปร ผู้วิจัยนำเสนอตัวแปรคัดเลือกที่เกี่ยวข้องกับด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 3 การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หลังจากการวิเคราะห์คุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อเสนอเป็นแนวทางปฏิบัติให้แก่ครูหรือผู้ที่สนใจได้นำไปใช้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างมีระบบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) กิจกรรมการเรียนการสอน 2) สื่อการสอน 3) การวัดและประเมิน

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเขียนอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 2) ข้อมูลและประจักษ์พยานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ๆ 3) การให้เหตุผล วัดและประเมินโดยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์อภิमान หมายถึง วิธีการสังเคราะห์งานวิจัยเชิงปริมาณที่ศึกษาปัญหาเดียวกันเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลของ Glass (1981) ซึ่งใช้ข้อมูลคุณลักษณะงานวิจัยเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ และค่าขนาดอิทธิพลเป็นค่าดัชนีมาตรฐาน

งานวิจัย หมายถึง วิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา และรายงานวิจัยทั่วไปเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจาก 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของ

มหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

คุณลักษณะงานวิจัย หมายถึง ตัวแปรที่ได้จากการสังเคราะห์ตัวแปรต้นของงานวิจัยที่มีตัวแปรตามคือการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ประกอบด้วย 7 ตัวแปร คือ 1) สถาบันที่ผลิตงานวิจัย 2) แหล่งที่ผลิตงานวิจัย 3) สาขาที่ผลิตงานวิจัย 4) ระดับการศึกษาของผู้วิจัย 5) เพศของผู้วิจัย 6) ปีที่พิมพ์ และ 7) ภูมิภาคที่ทำการวิจัย

2. ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 11 ตัวแปร คือ 1) นวัตกรรมการเรียนจัดการเรียนรู้ 2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3) รูปแบบการสืบสอบวิทยาศาสตร์ 4) พฤติกรรมของครู 5) พฤติกรรมของนักเรียน 6) จำนวนขั้นตอนการเรียนการสอน 7) จำนวนนวัตกรรมที่ใช้ 8) จำนวนคาบเรียน 9) ระดับชั้น 10) ขั้นตอนในการเรียนการสอน 11) เทคนิคที่ใช้ร่วม

3. ด้านการวัดและประเมิน ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ 1) จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ 2) การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. ด้านคุณภาพงานวิจัย ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ คะแนนคุณภาพงานวิจัย

ขนาดอิทธิพลของงานวิจัย หมายถึง ค่าสถิติที่วัดในหน่วยมาตรฐานซึ่งบอกถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตามของงานวิจัยแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งวัดได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรผลต่างค่าเฉลี่ยของ Glass (1981)

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การสังเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสภาพการทำวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการทำการวิจัยต่อไปในอนาคตในด้านของทิศทางและมิติที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. การสังเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณทำให้ได้ข้อสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนา หรือปรับปรุงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อผู้เรียนต่อไป

3. การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากข้อสรุปจากการสังเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณจะทำให้ได้แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งครูสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนแก่ผู้เรียน และนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของตนเองได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนการสอน
 - 1.1 ความหมายของแนวทางการจัดการเรียนการสอน
 - 1.2 การจัดการเรียนการสอน
 - 1.3 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอน
 - 1.4 การพัฒนาการจัดการเรียนการสอน
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
 - 2.1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
 - 2.2 กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 2.3 สื่อการสอนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 3.4 การวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4. การสังเคราะห์งานวิจัย
 - 4.1 ความหมายของการสังเคราะห์งานวิจัย

4.2 ความสำคัญและความจำเป็นของการสังเคราะห์งานวิจัย

4.3 ประเภทของการสังเคราะห์งานวิจัย

5. การวิเคราะห์ห่อภิมาณ

5.1 ความเป็นมาของการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

5.2 ความหมายของการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

5.3 วิธีการดำเนินการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

5.4 ขนาดอิทธิพล

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

7. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนการสอน

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนการสอน

นิภาพร ย่องเจริญ (2551) ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนว่า การจัดการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบการศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนการสอนจะประกอบด้วยองค์ประกอบหรือรูปแบบของการเรียนการสอนที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีระบบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

ทิตินา แคมมณี (2556) ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนคือสภาพหรือลักษณะการเรียนการสอนที่จัดบนพื้นฐานของหลักการ ทฤษฎีหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยใช้วิธีสอนและเทคนิคต่าง ๆ เป็นเครื่องมือเพื่อให้การเรียนการสอนเป็นไปตามพื้นฐานที่ยึดถือไว้

สงัด อุทรานันท์ (2532) ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนว่า การจัดการเรียนการสอนคือการจัดองค์ประกอบการเรียนการสอนให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการบรรลุเป้าประสงค์การเรียนการสอนที่กำหนดไว้

สกุณา ประมาะยัง (2556) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนว่า การจัดการเรียนการสอนที่ดีครูจะต้องเป็นผู้วางแผนในการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างดี โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในแต่ละช่วงวัยของนักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย

สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนคือวิธีการจัดการเรียนการสอนอย่างมีระบบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

1.2 การจัดการเรียนการสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2537) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนว่าผลผลิตที่ต้องการจากการจัดการเรียนการสอน คือ การเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนใน 3 ด้าน อันได้แก่ 1) ด้านพุทธิพิสัย ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในสาระการเรียนรู้ที่ได้รับ สามารถคิดวิเคราะห์ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ มีวิจารณญาณในการตัดสินใจ ประเมินค่า และคิดสร้างสรรค์ 2) ด้านจิตพิสัย ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดี เช่น ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อรายวิชา ต่อเพื่อนในชั้นเรียน เป็นต้น มีความสนใจใคร่รู้ในสิ่งที่เรียน มีค่านิยมที่เหมาะสม 3) ด้านทักษะพิสัย ผู้เรียนมีความคล่องแคล่วในการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น การใช้ประสามสัมผัสทั้งห้า ทักษะด้านการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

อาภรณ์ ใจเที่ยง (อ้างถึงใน สกุณา ประมาะยัง,2556) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนว่ามีวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยพฤติกรรมแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านเจตคติ และด้านทักษะ ตามแนวคิดของบลูม (Benjamin S. Bloom) โดยมีรายละเอียดแต่ละด้านดังนี้ 1) ด้านความรู้หรือด้านพุทธิพิสัย การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมด้านพุทธิพิสัยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความรู้ด้านสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งแบ่งลำดับขั้นของการเรียนรู้ ออกเป็น 6 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า ตามลำดับ 2) ด้านเจตคติหรือด้านจิตพิสัย การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมด้านจิตพิสัยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความรู้ความสามารถทางด้านอารมณ์และสังคมของผู้เรียน ซึ่งแบ่งลำดับขั้นของการเรียนรู้ออกเป็น 5 ระดับ คือ การรับรู้ การตอบสนอง การเกิดค่านิยม การจัดระบบบุคลิกภาพ 3) ด้านทักษะหรือด้านทักษะพิสัย การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมด้านทักษะพิสัยมี

จุดมุ่งหมายในการพัฒนาความรู้ความสามารถทางด้านร่างกายของผู้เรียน ซึ่งแบ่งลำดับขั้นของการเรียนรู้ออกเป็น 7 ระดับ คือ การรับรู้ การทำตามแบบ การตอบสนองตามคำสั่งแนะ การสร้างกลไก การสนองตอบสิ่งที่ซับซ้อน การดัดแปลงให้เหมาะสม การริเริ่มใหม่

ทิสนา แชนมณี (2556) กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนที่ดีต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละช่วงวัย มีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระและฝึกฝนทักษะการกระบวนการอย่างรวดเร็ว ผู้สอนต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดีในการนำเสนอเนื้อหาสาระให้มีความถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจนและกระชับ จัดเนื้อหาสาระอย่างเป็นระบบจากเนื้อหาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เข้าใจเนื้อหาสาระนั้นได้ดียิ่งขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ ที่สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ นำผลมาจัดระบบ ลงข้อสรุปและอภิปรายได้ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตัวเองให้มากที่สุด ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญคือ 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อให้เข้าใจในขอบเขตธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ 5) เพื่อตระหนักถึงความสำคัญระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน 6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม 7) เพื่อให้คนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียน ครูจะต้องมีการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย รวมทั้งต้องสอดคล้องกับเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่กำหนดโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

1.3 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอน

চার্জ বাক্স (อ้างถึงใน นิภาพร ย่องเจริญ,2551) ระบุองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนการสอนไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรคือสิ่งที่ครู/ผู้สอนต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากจบการเรียนการสอน
2. จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนคือสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และรับประสบการณ์ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้
3. เนื้อหาสาระและประสบการณ์คือสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และได้รับประสบการณ์จากการจัดการเรียนการสอน
4. ยุทธศาสตร์การสอนคือวิธีการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้
5. วัสดุอุปกรณ์และการสื่อสารคือเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพและประสิทธิภาพการเรียนการสอน
6. การประเมินผลคือการประเมินผลการจัดการเรียนการสอน

อาภรณ์ ใจเที่ยง (อ้างถึงใน สุกุณา ประมาะยัง,2556) ได้แบ่งการจัดการเรียนการสอนออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือ 1) องค์ประกอบรวม และ 2) องค์ประกอบย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. องค์ประกอบรวมเป็นองค์ประกอบที่นำมารวมกันทำให้เกิดการเรียนการสอนขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ครู นักเรียน และ หลักสูตรหรือสิ่งที่ต้องการสอน
2. องค์ประกอบย่อยเป็นองค์ประกอบด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการสอน เนื้อหาสาระ การจัดกิจกรรม การใช้สื่อการสอน และการวัดและประเมินผล

ทิตินา แคมมณี (2548) ได้ระบุองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้อีก 7 ส่วน ได้แก่ สาระสำคัญ การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อและอุปกรณ์ การวัดและประเมิน และ บันทึกหลังสอน

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนของอาภรณ์ ใจเที่ยง และ ชำรง บัวศรี วิเคราะห์ได้ว่าอาภรณ์ ใจเที่ยง แบ่งองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนออกเป็น 2 ส่วน คือ องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย ส่วนชำรง บัวศรี นำองค์ประกอบทั้งสองมารวมกัน และ ทิศนา เขมมณี ได้ให้ความสำคัญต่อองค์ประกอบย่อย เมื่อพิจารณาองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนของอาภรณ์ ใจเที่ยง และ ทิศนา เขมมณี องค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอนมีความ สอดคล้องกัน 5 ส่วน คือ 1) วัตถุประสงค์ 2) เนื้อหาสาระ 3) กิจกรรมการเรียนการสอน 4) สื่อการ สอน และ 5) การวัดและประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) วัตถุประสงค์เป็นการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนหลังจากการเรียน การสอน นอกจากนั้นวัตถุประสงค์ยังเป็นกรอบทิศทางในการในการจัดการเรียนการสอนของครูใน การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวอย่างครบถ้วน ดังนั้น ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญ ประเภทของวัตถุประสงค์ เพื่อเป็น แนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจตามวัตถุประสงค์นั้น ๆ

2) เนื้อหาสาระเป็นส่วนที่ครูคัดเลือกเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ รวมถึง การรวบรวม เรียบเรียงและจัดระบบของเนื้อหาให้มีลำดับจากง่ายไปยาก การปรับเนื้อหาให้เข้ากับ ความสามารถของผู้เรียนซึ่งมีความสามารถที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความเชื่อมโยง ของความรู้เดิมของผู้เรียนต่อเนื้อหาใหม่ การจัดระบบเนื้อหาเช่นนี้จะทำให้ครูตระหนักถึงการกระตุ้น ความรู้เดิมของผู้เรียน ลำดับเนื้อหาใหม่ในการสอนจากง่ายไปยาก ควรได้รับการจัดประสบการณ์การ เรียนรู้อย่างไรและประสบการณ์เรียนรู้ใดควรได้รับก่อน

3) กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นส่วนที่ครูต้องเลือกและออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ให้เหมาะสมแก่ผู้เรียนและสาระการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นต้องนำพาให้ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นครูจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการเรียนสอน วิธีสอน เทคนิค การสอนต่าง ๆ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

4) สื่อการสอนเป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและยังเป็นสิ่งกระตุ้นความ สนใจในการเรียนได้ สื่อการสอนที่ดีจะช่วยให้การสอนของครูเป็นไปอย่างราบรื่นและช่วยการเรียนรู้ ของผู้เรียน ทั้งนี้ ทิศนา เขมมณี (2548) ได้จำแนกสื่อการสอนออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือเรียน คู่มือ ใบความรู้ ใบงาน แบบฝึกหัด ฯลฯ 2) สื่อวัสดุอุปกรณ์ เช่น ของจริง หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนที่ ฯลฯ 3) สื่อโสตทัศนอุปกรณ์ เช่น แถบเสียง ภาพเลื่อนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ฯลฯ 4)

สื่อกิจกรรมเป็นสื่อที่ใช้ในการฝึกทักษะ ฝึกปฏิบัติ ต้องใช้กระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติ การเผชิญสถานการณ์ เช่น เพลง เกม บทบาทสมมุติ การจัดนิทรรศการ ฯลฯ และ 5) สื่อบริบท เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด ฯลฯ

5) การวัดและประเมินเป็นส่วนช่วยให้ครูตรวจสอบกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้แก่ผู้เรียน ทั้งนี้การประเมินควรมีทั้งรูปแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ การวัดและประเมินอย่างไม่เป็นทางการอาจใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนหรือการถามคำถามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน ในขณะที่การวัดประเมินผลอย่างเป็นทางการอาจอยู่ในรูปแบบของแบบทดสอบทั้งนี้ควรมีการประเมินทั้งก่อนและหลังกระบวนการจัดการเรียนการสอน โดยผลที่ได้จากการวัดและประเมินเป็นวิธีที่จะทำให้ครูทราบถึงการจัดการเรียนรู้ที่จัดให้แก่ผู้เรียนนั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีข้อดีและข้อจำกัดอย่างไร เพื่อให้ครูแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนได้อย่างตรงประเด็น

จากข้อมูลองค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอนข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนนั้นประกอบด้วย 5 ส่วน คือ 1) วัตถุประสงค์ 2) เนื้อหาสาระ 3) กิจกรรมการเรียนการสอน 4) สื่อการสอน และ 5) การวัดและประเมิน โดยการทำการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาแนวทางการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาในองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนเพื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอแนวทางการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และ การวัดและประเมิน

1.4 การพัฒนาการจัดการเรียนการสอน

Dick & Carey (อ้างถึงใน วิตต์ธาดา เกศา, 2556) ได้เสนอขั้นตอนของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนไว้ 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุจุดประสงค์ของการเรียนการสอน (Identifying an Instruction Goal) เป็นการกำหนดจุดประสงค์ของผู้สอนที่ต้องการให้นักเรียนสามารถทำสิ่งนั้น ๆ ได้หลังจากการเรียนการสอน โดยต้องสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรด้วย

2. วิเคราะห์การเรียนการสอน (Conducting an Instructional Analysis) เป็นการวิเคราะห์พิจารณาเลือกรูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระและผู้เรียน โดยครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะและทัศนคติ

3. ระบุพฤติกรรมและคุณลักษณะของผู้เรียน (Identifying Entry Behaviors and Characteristic) เป็นการพิจารณาถึงพฤติกรรมใดที่นักเรียนพึงมีก่อนการเรียนการสอน โดยพิจารณาทั้งในด้านความรู้พื้นฐานและทักษะพื้นฐาน รวมถึงกำหนดคุณลักษณะของผู้เรียนที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนการสอน

4. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Writing Performance Objective) เป็นการระบุพฤติกรรมที่สามารถสังเกตหรือวัดได้จากบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งอาจจะสะท้อนได้จากการกระทำในชั้นเรียน ผลงานนักเรียนสร้างขึ้น

5. พัฒนาเกณฑ์ในการประเมินผล (Developing Criterion-Reference Test Item) เป็นการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ผู้เรียนต้องได้รับหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนการสอน โดยอาจจะอยู่ในรูปแบบของแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

6. พัฒนากลยุทธ์ในการสอน (Developing an Instructional Strategy) เป็นขั้นของการออกแบบหรือสร้างการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสิ่งที่ต้องคำนึงในการพัฒนากลยุทธ์ในการสอน คือ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน แบบฝึกทักษะ การตรวจสอบ การทดสอบและการติดตามผลเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอน

7. พัฒนาและเลือกสื่อการสอน (Developing and Selecting Instruction) เป็นขั้นของการพิจารณาและเลือกสื่อที่เหมาะสมให้เหมาะสมกับเนื้อหา วัตถุประสงค์ และช่วงวัยของผู้เรียน

8. ออกแบบและประเมินผลระหว่างการดำเนินการ (Design and Conduct Formative Evaluation) เป็นการประเมินผลของกระบวนการเรียนการสอนที่ครูใช้ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น ประกอบด้วย 3 การประเมิน คือ การประเมินผลแบบตัวต่อตัว (One-to-One Evaluation) การประเมินผลแบบกลุ่มย่อย (Small-Group Evaluation) และการประเมินผลภาคสนาม (Field Evaluation)

9. ปรับปรุงการเรียนการสอน (Revising Instruction) เป็นขั้นของการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินระหว่างดำเนินการ

10. ดำเนินการประเมินผลภาพรวม (Conducting Summative Evaluation) เป็นขั้นตอนของการสรุปและประเมินผลหลักจากเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนการสอน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้ขั้นตอนนี้ไม่ได้รวมเป็นหนึ่งในหนึ่งในกระบวนการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน

Brown et al. (อ้างถึงใน วิตต์ธาดา เกาคำ, 2556) ได้แนะนำแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้ความสำคัญกับแนวทางและวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคล เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับตัวผู้เรียน ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. วัตถุประสงค์และเนื้อหา เป็นสิ่งแรกที่ครูต้องกำหนดโดยต้องเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ รวมถึงการเลือกเนื้อหาบทเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
2. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ครูต้องเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนที่ดีที่สุดให้แก่ผู้เรียนแต่ละคน
3. การจัดการเรียนการสอน เป็นการวางแผนการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถรับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีที่สุด โดยต้องคำนึงถึง 3 องค์ประกอบ คือ ผู้เรียน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาสาระ
4. บุคลากร ในที่นี้บุคลากรคือบุคคลที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ครูคือผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่นักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนคือผู้ได้รับการจัดประสบการณ์เพื่อนำไปสู่การบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้
5. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นสิ่งที่ช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างสะดวกและเป็นส่วนช่วยให้การเรียนการสอนนั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
6. สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึงการจัดสภาพการเรียนรู้ตามขนาดของจำนวนผู้เรียน รวมถึงการจัดเตรียมอุปกรณ์และสื่อการสอนเพื่อสะดวกในการใช้งาน
7. การประเมินผลและปรับปรุง เป็นการประเมินการจัดการเรียนการสอนของครู โดยผู้เรียนจะประเมินว่าเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแล้ว ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนหรือไม่

และในส่วนของครูจะประเมินว่าการจัดการเรียนการสอนนั้นมีข้อดีและข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 ระบุว่าจัดการจัดการเรียนการสอนต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ โดยในส่วนของกระบวนการจัดการเรียนรู้นี้ในมาตรา 24 ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังนี้

1. การจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ปัญหา
3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง
4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา
5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการสอน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้
6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการร่วมมือกับผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

จากรูปแบบการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของ Dick & Carey , Brown et al. (อ้างถึงใน วิดต์ธาดา เกาคำ,2556) และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนได้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดวัตถุประสงค์และเนื้อหา 2) การออกแบบการจัดการเรียนการสอน 3) การเลือกสื่อการสอน 4) การออกแบบการวัดและประเมินผล 5) การปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน

2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนเป็นกระบวนการสำคัญในการนำหลักสูตรแกนกลางสถานศึกษาขึ้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สู่การปฏิบัติ ทั้งนี้ การที่ผู้เรียนจะมีคุณภาพและบรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 23(2) ได้ระบุถึงการให้ความสำคัญในการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาความรู้ คุณธรรมและกระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ในการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนต้องศึกษาเป้าหมายและปรัชญาของการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ตลอดจนกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แล้วพิจารณาเลือกนำไปใช้ออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ สภาพแวดล้อมของโรงเรียน แหล่งความรู้ท้องถิ่น และที่สำคัญคือศักยภาพของผู้เรียน ดังนั้นในเนื้อหาสาระเดียวกัน ผู้สอนแต่ละโรงเรียนย่อมมีการจัดการเรียนการสอนและใช้สื่อการเรียนการสอนที่แตกต่างกันได้ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยกระบวนการจัดการเรียนการสอนนั้นจะต้องเน้นการพัฒนาให้นักเรียนกลายเป็นนักคิด นักแก้ปัญหา และนักเรียนผู้ตลอดชีวิต โดยจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด กระบวนการเรียนรู้ โดยอาจทำได้ดังนี้

- จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน
- ผู้สอนกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่ต้องการอยากค้นหาคำตอบ
- ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาคำตอบที่สงสัย โดยเริ่มจากการลงมือสืบเสาะตามคำแนะนำ จนกระทั่งสามารถออกแบบและวางแผนสืบสอบ

และลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำมาสร้างเป็นคำอธิบายด้วยตนเอง

- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ฝึกฝนและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ อย่างลุ่มลึกและเชื่อมโยงกันผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลาย
- ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอ และเหมาะสมกับช่วงวัย
- ผู้เรียนสามารถในเทคโนโลยีที่สอดคล้องตามยุคสมัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การสืบค้นข้อมูลทั้งจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ การจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การสร้างแบบจำลอง
- ผู้เรียนสามารถออกแบบและทำโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อฝึกฝนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ท้องถิ่นเพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน รวมถึงเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้รู้จักคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง และเพิ่มระดับความซับซ้อนของข้อมูลตามวัยของผู้เรียน
- ผู้เรียนมีโอกาสในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการกับความรู้จากแขนงวิชาอื่น ๆ

ทั้งนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังได้กล่าวเสริมอีกว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และธรรมชาติการเรียนรู้ของมนุษย์ ครูสามารถเลือกกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายตามความเหมาะสมของเนื้อหา และปัจจัยอื่น ๆ โดยกลวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปีตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) โดยสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council) ได้กำหนดนิยามการสืบเสาะหา

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ว่าเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ และนำเสนอผลการศึกษานั้นตามหลักฐานที่รวบรวมได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียน คือ การให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาข้อสงสัยเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มีตั้งแต่ระดับที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดการสำรวจตรวจสอบของผู้เรียนเพื่อตรวจสอบยืนยันสิ่งที่รู้มาแล้วไปจนถึงระดับที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบอย่างอิสระเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง การสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง โดยบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละระดับ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้น	ระดับการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้		
	การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง	การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง	การสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง
การกำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา
กระบวนการแก้ปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา
แนวทางการแก้ปัญหา	ผู้เรียนแก้ปัญหาตามวิธีการที่กำหนดไว้	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา

2.2 กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553) ได้ระบุถึงการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูจะต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้บรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตร และงานวิจัยมากมายได้ยืนยันว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติแล้วทำการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและมั่นคง ดังนั้นครูจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ครูจะต้องคำนึงถึงว่านักเรียนต้องได้ลงมือปฏิบัติพร้อมทั้งผสมผสานกระบวนการอื่น ๆ อย่างมีระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ เช่น วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ (Kaplus Learning Cycle Model)

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นสำรวจค้นหา เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว
- ขั้นแนะนำแนวคิด เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอนหรือจากการอ่านหนังสือเรียน
- ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน (5E Learning Cycle Model)

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน ถูกพัฒนามาจากวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ โดยเพิ่มขั้นตอนอีก 2 ขั้นตอนและกำหนดชื่อขั้นตอนใหม่ ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ (Bybee, 2015) มีรายละเอียดดังนี้

- ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวเองหรือจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

- ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มา วิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

- ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ

- ขั้นประเมินความรู้ (Evaluate) เป็นขั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน (7E Learning Cycle Model)

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอนเกิดจากงานวิจัยเรื่องนักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร (How student learn science in classroom, 2005) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นการค้นหาและวินิจฉัยความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งอาจจะเป็นความรู้ที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

- ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวเองหรือจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

- ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นการนำเสนอข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มา วิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

- ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ

- ชั้นประเมินความรู้ เป็นชั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

- ชั้นใช้ความรู้ เป็นชั้นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่อยู่นอกห้องเรียนหรืออยู่ในชีวิตจริง

2.3 สื่อการสอนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทุกเวลา ทุกสถานที่และเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดทั้งชีวิตผ่านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยไม่จำกัดเพียงสื่อและแหล่งการเรียนรู้ในเฉพาะห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ หรือตำราเรียนเท่านั้น แต่รวมทั้งแหล่งเรียนรู้ นอกโรงเรียนด้วย เมื่อพิจารณาสื่อและแหล่งการสอนที่กระทรวงศึกษาธิการ (2546) สามารถนำเสนอ ประเภทของสื่อและแหล่งการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ 5 ประเภทดังนี้

1. สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือเรียน หนังสืออ้างอิง หนังสือพิมพ์ วารสาร ฯลฯ
2. สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มัลติมีเดีย วิดีทัศน์ CD-ROM อินเทอร์เน็ต
3. แหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ห้องสมุด สวนพฤกษศาสตร์ ฯลฯ
4. แหล่งการเรียนรู้ในท้องถิ่น เช่น อุทยานแห่งชาติ ศูนย์วัฒนธรรมและศิลปกรรม โรงไฟฟ้า เขื่อน โรงงานอุตสาหกรรม พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ หน่วยงานท้องถิ่น ศูนย์วิทยาศาสตร์ ฯลฯ
5. แหล่งเรียนรู้ที่เป็นบุคคล เช่น ประชาชนท้องถิ่น อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ในสถาบันอุดมศึกษา ผู้วิจัยในท้องถิ่น ฯลฯ

2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่เพียงใดนั้นจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งในอดีตการวัดและการประเมินส่วนใหญ่จะใช้การสอบจากแบบทดสอบซึ่งไม่สามารถตอบสนองการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนคิด และลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการที่หลากหลาย ดังนั้น ผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอนและการวัดและประเมินจะต้องวางแผนควบคู่กันไป โดยแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนการสอนควรเป็นดังนี้

1. ต้องวัดและประเมินผลทั้งความรู้ ความสามารถ ทักษะกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมถึงโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
3. ผู้สอนต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเท่านั้น
4. ผลการวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล
5. การวัดและประเมินผลต้องมีความเที่ยงตรงและเป็นธรรมในด้านของวิธีการวัด และโอกาสของการประเมิน

จุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผลมี 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อวินิจฉัยความรู้ ความสามารถ ทักษะและกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมของผู้เรียน และเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้พัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะได้เต็มตามศักยภาพ 2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่ตัวผู้เรียนว่าบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้เพียงใด 3) เพื่อใช้ข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบถึงระดับพัฒนาการของการเรียนรู้

กระทรวงศึกษาธิการ (2544) ได้กำหนดเป้าหมายของในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาไว้ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้เห็นความสำคัญระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน จำเป็นต้องมีการประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่าง และสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการประเมินที่หลากหลายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน (Formative Assessment) การประเมินการเรียนรู้สรุปรวม (Summative Assessment) และ การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) โดยผู้สอนจะต้องสะท้อนผลการประเมินให้ผู้เรียนทราบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเอง รวมถึงผู้สอนต้องนำผลการประเมินนั้นมาพิจารณาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือเป้าหมายของการเรียนการสอน (กุศลลิน มุสิกกุล, 2555)

จากการพิจารณาแนวทางการจัดการเรียนการสอนทั่วไปและแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ได้ ดังนี้

ด้านวัตถุประสงค์และเนื้อหา

ผู้สอนต้องกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้เรียนที่สามารถสังเกตและวัดได้ ซึ่งต้องพิจารณาความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่ต้องเน้นที่ความสนใจและความถนัดของผู้เรียน ทั้งนี้ครูผู้สอนต้องยึดถือมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดโดยกระทรวงศึกษาธิการ

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องทำการวางแผนแผนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้สิ่งที่ผู้สอนต้องตั้งคำถามก่อนการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น

- รูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบใดที่เหมาะสมกับผู้เรียน มีหลักการและทฤษฎีพื้นฐานใดเป็นพื้นฐาน

- วิธีการสอนใดที่เหมาะสมกับเนื้อหา ผู้เรียนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ วิธีการสอนนั้นมีขั้นตอนอย่างไร บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนเป็นอย่างไร
- เทคนิคการเรียนรู้ใดที่สามารถนำมาใช้ร่วมเพื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนควรเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบสอบ การลงมือปฏิบัติ การเชื่อมโยงความรู้ต่อสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สืบค้นของข้อมูลทั้งแบบปฐมและทุติยภูมิ รวมถึงควรสนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีตามยุคสมัยด้วย ทั้งนี้ผลผลิตที่นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนจากการสืบสอบคือ นักเรียนสามารถออกแบบและลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลและหลักฐานเพื่อใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้

ด้านสื่อการสอน

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรเลือกใช้สื่อการสอนที่ทันสมัย และใช้แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากชั้นเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญและความเชื่อมโยงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และชีวิต โดยสื่อการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือเรียน คู่มือ ใบความรู้ ใบงาน แบบฝึกหัด ฯลฯ 2) สื่อวัสดุอุปกรณ์ เช่น ของจริง หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนที่ ฯลฯ 3) สื่อโสตทัศนอุปกรณ์ เช่น แถบเสียง ภาพเคลื่อนไหวคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ฯลฯ 4) สื่อกิจกรรมเป็นสื่อที่ใช้ในการฝึกทักษะ ฝึกปฏิบัติ ต้องใช้กระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติ การเผชิญสถานการณ์ เช่น เพลง เกม บทบาทสมมติ การจัดนิทรรศการ ฯลฯ 5) สื่อบริบท เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด ฯลฯ

ด้านการวัดและประเมิน

ผู้สอนจะต้องทำการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่าง และสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการประเมินที่หลากหลายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทั้งนี้ครูต้องพิจารณาเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนาทั้งสามด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย โดยผลที่ได้จากการวัดและประเมินนั้นนำไปใช้ใน 2 ด้าน คือ 1) ด้านการพัฒนาผู้เรียน ผู้สอนต้องให้ผลการประเมินและข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงระดับความสามารถของตนเอง ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองให้ดียิ่งขึ้น 2) ด้านพัฒนาการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องนำผลการประเมินนั้นมาใช้

เป็นพิจารณาทบทวนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของตนเองเพื่อช่วยให้ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Abell et al. (2008) ให้ความหมายของคำอธิบายไว้ว่า คำอธิบาย คือ การบรรยายหรือบอก รายละเอียดของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์และ หลักการทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์

Beyer and Davis (2008) ให้ความหมายของคำอธิบายไว้ว่า คำอธิบาย หมายถึง การ รายงานลักษณะความสัมพันธ์ของเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการให้ เหตุผลเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์

Norris et al. (2005: 535) ได้ให้ความหมายของคำอธิบายในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. Interpretive Explanation เป็นลักษณะของข้อความที่มีความหมายที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น นิยาม ความคิดสำคัญรวมถึงข้อสรุป

2. Justificatory Explanation เป็นการรายงานหรืออธิบายจากการตัดสินใจเพื่อแสดงเหตุผล ประกอบการตัดสินใจจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับเหตุผล

3. Descriptive Explanation เป็นการอธิบายโดยบรรยายขั้นตอนหรือโครงสร้างของ ความสัมพันธ์ที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลและหลักฐาน

4. Causal Explanation เป็นการอธิบายโดยกล่าวถึงสาเหตุของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ ด้วยข้อความหรือแบบรายงานทางวิทยาศาสตร์

5. Deductive-nomological Explanation เป็นการอธิบายข้อเท็จจริง/กฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีการรวมกฎที่เป็นสากลอย่างน้อย 1 กฎ มีการ แสดงความเห็นแบบนิรนัย

6. Statistical Explanation เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยแสดงถึงข้อเท็จจริงหรือกฎ มีการให้ความเห็นแบบอุปนัยที่ไม่แสดงสาเหตุสำคัญ

7. Functional Explanation เป็นการอธิบายลักษณะ รูปแบบหรือประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากลักษณะการทำงาน

8. Explanatory Unification เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการหาหัวข้อที่เหมาะสมกับมุมมองทั่วไปของโลก มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน เป็นการอธิบายแบบนิรนัย

9. Pragmatic Explanation เป็นการอธิบายโดยตอบคำถามของปัญหา ซึ่งคำถามจะถูกตั้งขึ้นและคำตอบจะอยู่ในบริบทสามารถอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและมีการลงความเห็นเกี่ยวกับเพื่อให้ได้ข้อสรุป นำไปสู่การตอบคำถาม

10. Narrative Explanation เป็นการอธิบายเหตุการณ์โดยการเล่าเหตุการณ์ที่สำคัญไปถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งค้นหารวบรวมเพื่อแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์ที่อธิบายนั้นเป็นหนึ่งในชุดของเหตุการณ์ที่เข้าใจได้ดีและไม่สนับสนุนการทำนาย แต่ขึ้นกับการอธิบายย้อนกลับว่าเพื่อชี้ว่าสิ่งที่ปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับอดีต

สรุปความหมายของคำอธิบายได้ว่า คำอธิบายหมายถึงการบรรยายหรืออธิบายรายละเอียดของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยให้ความสำคัญกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ และหลักฐานเชิงประจักษ์

ความหมายของการสร้างคำอธิบาย

Etkina & Mestre (2004) บอกถึงความหมายของการสร้างคำอธิบายไว้ดังนี้

1. การสร้างความชัดเจนให้กับสถานการณ์และเป็นข้อความที่คำอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้การเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์

2. การลงความเห็นในการนำคำอธิบายเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

3. การคาดเดาหรือทำนายอย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาจากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. การประเมินคำอธิบายและจะมีการแก้ไขคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลมาสนับสนุนมากพอ

5. การจำแนกประเภทและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความสัมพันธ์ของหลักฐานและพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐานและเหตุผล

McNeill et al. (2006 อ้างถึงในอนงศ์รัตน์ แก้วบำรุง, 2554) กล่าวถึงความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การสร้างคำอธิบาย หมายถึง ข้อความที่อธิบาย บรรยายเพื่อตอบคำถามของปัญหา ที่แสดงความเชื่อมโยง ประกอบด้วย 1) การกล่าวอ้างซึ่งเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามของปัญหา 2) หลักฐานที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) การให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเชิงประจักษ์นั้น

Sampson and Clark (2009: 448) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายไว้ว่า การสร้างคำอธิบาย หมายถึง คำอธิบายหรือการรายงานที่ประกอบด้วย 1) การอธิบาย คือการสร้างคำตอบเพื่อตอบคำถามโดยบอกความสัมพันธ์หรือสาเหตุของกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ 2) หลักฐาน คือ สิ่งที่ได้จากการสังเกตอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ 3) เหตุผล คือ การแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่หลักฐานสนับสนุนคำอธิบายและเหตุผลของการใช้จำนวนหลักฐาน

สรุปความหมายของการสร้างคำอธิบายได้ว่า การสร้างคำอธิบาย หมายถึง การเขียนบรรยายการสร้างกลุ่มคำหรือประโยคในการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยต้องระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน พร้อมทั้งการให้เหตุผลสนับสนุนการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์นั้น และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การบรรยายหรืออธิบายรายละเอียดของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น อันเป็นความสามารถขั้นพื้นฐานของการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐานเชิงประจักษ์ 3) การให้เหตุผล

3.2 องค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Kuhn and Reiser และ Berland and Reiser (2004,2009 ตามลำดับ อ้างถึงในอนงศ์รัตน์ แก้วบำรุง, 2554) กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายตรงกันว่า ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถามที่อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่นักเรียนได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งแสดงถึงการสนับสนุนคำอธิบาย

McNeill et al. (2006 อ้างถึงในอนงศ์รัตน์ แก้วบำรุง, 2554) กำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายไว้ 3 องค์ประกอบ คือ

1. การกล่าวอ้างอิง (Claim) เป็นการยืนยันหรือเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามดั้งเดิม
2. การใช้หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้างข้อมูลเหล่านี้ต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนการกล่าวอ้างอิงข้อมูลอาจมาจากการสืบสอบ หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นเช่น การสังเกต ข้อเท็จจริงจากการอ่าน หรือ เอกสารสำคัญ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของการกล่าวอ้างกับหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้อย่างไร

Sampson and Clark (2009) ได้พัฒนารอบแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นการอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบได้แก่

1. คำอธิบาย (Explanation) คือ ส่วนที่นักเรียนตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบ อธิบายถึงความสัมพันธ์หรือกล่าวถึงสาเหตุของกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ส่วนที่นักเรียนรวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบอาจจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

3. การใช้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลที่ใช้ประกอบหรือสนับสนุนคำอธิบาย

วิโรจน์ ลี้วงศ์สถาพร (2552) อธิบายว่าการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ

1. ข้อสรุป เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. ประจักษ์พยาน เป็นข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป
3. การให้เหตุผล การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่าเพราะเหตุใดประจักษ์พยานจึงสนับสนุนข้อสรุป

สรุปองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง คือ คำตอบหรือข้อสรุปของคำถามในปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. หลักฐาน คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล คือ การแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

3.3 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006 อ้างถึงในอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง, 2554) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายโดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ยืนยันข้อมูลถูกต้อง โดยระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถาม มีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุน
2. ระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง มีการวางแผนค้นคว้าและสามารถจัดกระทำข้อมูล
3. ให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

Eugenia (2004) กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. สร้างความกระจ่างให้กับสถานการณ์และเสนอคำอธิบายจากการปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ โดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย ในเชิง อุปมาอุปไมย เปรียบเทียบ นิรนัยและอุปนัย
2. ลงความเห็นในการนำคำอธิบายไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
3. ทำนายอย่างมีเหตุผลโดยใช้พื้นฐานจากคำอธิบาย
4. ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น
5. จำแนกประเภท ประเมินและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายโดยตรวจสอบความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่น ๆ และพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐาน

สรุปได้ว่าพฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การกระทำหรือพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและครบถ้วนในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างพร้อมกับการให้เหตุผลที่สนับสนุนต่อการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และหลักฐานได้

3.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านเชื่อว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่อาจช่วยให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองได้ ในการประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สามารถกระทำได้หลากหลายวิธี (วิโรจน์ ลีวงศ์สถาพร, 2552) ทั้งนี้การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการวัดจะวัดทั้งความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008)

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอแนวทางในการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมี 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุเนื้อหาจากมาตรฐานการเรียนรู้ 2) ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 4) สร้างแบบประเมิน 5) ทบทวนแบบประเมิน และ 6) การพัฒนาเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) จำเพาะต่อรายวิชา โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุเนื้อหาจากมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนในการแยกรายละเอียดมาตรฐานการเรียนรู้แล้วนำมาเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้มโนทัศน์ที่ต้องการทำการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน รวมถึงการพิจารณามโนทัศน์อื่น ๆ ที่จำเป็นได้ รวมถึงการพิจารณามาตรฐานการเรียนรู้อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วยทั้งนี้เพื่อเป็นให้ได้ขอบเขตของเนื้อหาและขอบเขตของการประเมินที่ชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง การออกแบบการทดลอง เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป็นขั้นตอนในการสร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่เป็นเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์เนื้อหาเกี่ยวกับปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ แล้วสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ได้

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแบบประเมิน เป็นขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินที่ต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ โดยนักเรียนนำความรู้ที่เป็นเนื้อหาและความเข้าใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในสนับสนุนของกล่าวอ้างเชื่อมโยงกับการให้เหตุผลที่ใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 5 ทบทวนแบบประเมิน เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ครูได้ทบทวนถึงแบบประเมินว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ และแบบประเมินนั้นสามารถประเมินนักเรียนได้จริงหรือไม่

ขั้นตอนที่ 6 การพัฒนาเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) จำเพาะต่อรายวิชา เป็นขั้นตอนที่ครูต้องอธิบายอย่างชัดเจนว่าความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่สะท้อนผ่านผลงานนักเรียนนั้นมีลักษณะจำเพาะตรงตามเกณฑ์การประเมินอย่างไร

ทั้งนี้ McNeill and Krajcik (2008) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
1. ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่แม่นยำ	(ไม่มีการประเมิน)	ข้อกล่าวอ้างมีความแม่นยำและสมบูรณ์
2. หลักฐานเชิงประจักษ์	ไม่กำหนดหลักฐานหรือกำหนดหลักฐานไม่เหมาะสม	กำหนดหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมบางประการในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	กำหนดหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล	ไม่กำหนดเหตุผลหรือกำหนดเหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานซ้ำๆ และมีความเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ	กำหนดเหตุผลที่แม่นยำและมีความสมบูรณ์โดยเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีความเหมาะสมและเพียงพอ

นอกจากนี้ ในปี 2008 BSCS Center for Professional Development (อ้างถึงใน กรรณกุลเลิศเดชาภัทร, 2559) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ BSCS Center for Professional Development

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
1. ข้อกล่าวอ้าง	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้างหรือ ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างที่ ถูกต้องและสมบูรณ์
2. หลักฐานเชิงประจักษ์	ไม่กำหนดหลักฐานหรือ กำหนดหลักฐานไม่ เหมาะสมในการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	กำหนดหลักฐานที่ เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ ในการสนับสนุนข้อกล่าว อ้างหรือกำหนดหลักฐาน บางส่วนไม่เหมาะสม	กำหนดหลักฐานที่ เพียงพอและเหมาะสมใน การสนับสนุนข้อกล่าว อ้าง
3. การให้เหตุผล	ไม่กำหนดการให้เหตุผล หรือกำหนดการให้เหตุผล แต่ไม่เชื่อมโยงหลักฐาน กับข้อกล่าวอ้าง	กำหนดการให้เหตุผลที่ เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง ระบุหลักการ ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน	กำหนดการให้เหตุผลที่ เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง ระบุหลักการ ทางวิทยาศาสตร์ที่ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ทั้งหมด

4. การสังเคราะห์งานวิจัย

4.1 ความหมายของการสังเคราะห์งานวิจัย

การสังเคราะห์งานวิจัย (Research Synthesis) เป็นระเบียบวิธีการศึกษาข้อเท็จจริงเพื่อตอบปัญหาใดปัญหาหนึ่ง จากการเก็บรวบรวมงานวิจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น แล้วนำมาศึกษาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแล้วนำเสนอข้อสรุปหรือข้อค้นพบอย่างมีระบบเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาที่เป็นข้อยุติ การสังเคราะห์งานวิจัย (Research Synthesis) ยังมีคำศัพท์อื่น ๆ ที่มีความหมายใกล้เคียงอีก เช่น การวิจัยงานวิจัย (Research of Research) การวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ (The Analysis of Analysis) ระเบียบวิธีบูรณาการงานวิจัย (Method of Integrating) นอกจากนี้นักวิจัยทำการสังเคราะห์งานวิจัยได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) ใช้การสังเคราะห์วิจัยเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย 2) ใช้การสังเคราะห์งานวิจัยเพื่อแสวงหาความรู้ใหม่และนำความรู้นั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

4.2 ความสำคัญและความจำเป็นของการสังเคราะห์งานวิจัย

เนื่องจากการสังเคราะห์งานวิจัยนั้นใช้งานวิจัยจำนวนมากซึ่งอาจจะมากเกินไปที่จะสามารถศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการในวิเคราะห์อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือข้อยุติอย่างเป็นระบบ ไม่เช่นนั้นแล้วอาจจะเกิดความสับสนจากความหลากหลายของข้อมูลได้ (Glass et al., 1991) โดยในช่วงทศวรรษที่ 1980 บุคคลแรกที่ใช้วิธีการทางสถิติและมีระบบการสังเคราะห์งานวิจัย คือ ศาสตราจารย์จอร์จ วี กลาส โดยเรียกวิธีการสังเคราะห์งานวิจัยนี้ว่าการวิเคราะห์อภิमान

4.3 ประเภทของการสังเคราะห์งานวิจัย

ประเภทของการสังเคราะห์งานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การสังเคราะห์เชิงคุณลักษณะ (Qualitative Synthesis) เป็นการสังเคราะห์งานวิจัยในลักษณะของการบรรยายจากการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ แล้วบรรยายสรุปออกมา การสังเคราะห์งานวิจัยลักษณะนี้ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้น ๆ ให้เป็นผู้ดำเนินการ สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่เป็นการบรรยายสภาพการณ์ 2) ข้อมูลเชิงลักษณะที่จัดกระทำในรูปตัวเลข โดยลักษณะของข้อมูลทั้งสองนี้มีวิธีการวิเคราะห์แตกต่างกัน 2 ประการ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะแบบบรรยายและแบบที่จัดกระทำในรูปตัวเลข จะทำได้ดีและเหมาะสมต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ 4 ข้อ คือ 1) เพื่อการบรรยาย พรรณนา สรุป 2) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ 3) เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่าง และ 4) เพื่อทำนายผลที่จะเกิดขึ้น

2. การแปลงข้อมูลเชิงคุณลักษณะเป็นเชิงปริมาณ ทำได้ดังนี้ 1) การแจกแจงนับตามจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ตามหัวข้อ 2) การจำแนกตามบุคคล พฤติกรรม เหตุการณ์ 3) การจัดจำแนกตามตัวแปร ตามความสัมพันธ์ และ 4) การประเมิน

2. การสังเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Synthesis) เป็นการวิเคราะห์ค่าตัวเลขหรือค่าสถิติที่ปรากฏในงานวิจัยทั้งหลายเพื่อหาข้อสรุปอย่างเป็นระบบเพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบหรือสรุปอ้างอิง

5. การวิเคราะห์อภิมาน

5.1 ความเป็นมาของการวิเคราะห์อภิมาน

ในปี ค.ศ. 1967 การวิเคราะห์อภิมานมาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า Meta-analysis ซึ่งบัญญัติโดย Glass กล่าวว่า การวิเคราะห์อภิมาน เป็นการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ กล่าวคือเป็นการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากงานวิจัยหลาย ๆ เรื่อง แต่ศึกษาปัญหาวิจัยคล้ายกันมารวบรวมเข้าด้วยกัน ผลการวิจัยที่วัดออกมาจะอยู่ในรูปดัชนีมาตรฐานได้แก่ ค่าขนาดอิทธิพลในงานวิจัยเชิงทดลอง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในงานวิจัยสหสัมพันธ์ข้อสรุปของผลการวิจัยที่ได้จะมีความถูกต้อง ความเที่ยง ความตรง และความน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าการเรียงลำดับในอดีต นอกจากนั้นยังได้ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งนั่นคือข้อมูลคุณลักษณะงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

5.2 ความหมายของการวิเคราะห์อภิมาน

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) ให้ความหมายของการวิเคราะห์อภิมานว่า การวิเคราะห์อภิมาน คือวิธีการสังเคราะห์งานวิจัยเชิงปริมาณวิธีหนึ่ง โดยนำงานวิจัยหลายๆ เรื่องที่ศึกษาปัญหาวิจัยเดียวกันมาทำการสังเคราะห์ด้วยวิธีการสังเคราะห์ทางสถิติเพื่อสรุปข้อค้นพบจากงานวิจัยดังกล่าว โดยข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์อภิมานประกอบด้วยผลการวิจัยวัดในรูปของดัชนีมาตรฐาน ได้แก่ ขนาดอิทธิพล และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และข้อมูลคุณลักษณะงานวิจัย หลักการวิเคราะห์เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีมาตรฐานจากงานวิจัยแต่ละเรื่องว่า ความแตกต่างนั้นอธิบายได้ด้วยคุณลักษณะวิจัยอะไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่กว้างขวางและลุ่มลึก

ปิยะฉัตร ชำชื่น (2547 อ้างถึงใน นฤมน อุตมคุณ, 2552) ให้ความหมายของการวิเคราะห์อภิมานว่า การวิเคราะห์อภิมาน หมายถึง ลักษณะหนึ่งของการวิจัยเชิงปริมาณ ในการสังเคราะห์งานวิจัยหลายเรื่องที่ศึกษาปัญหาเดียวกัน โดยใช้วิธีการทางสถิติ ทำให้ได้มาซึ่งข้อความรู้ หรือข้อสรุปในภาพรวมของปัญหานั้น ๆ ที่มีความกว้างขวางลุ่มลึกกว่าผลงานวิจัยแต่ละเรื่อง

Glass, McGraw และ Smith (1981 อ้างถึงในนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2552) กล่าวว่า การวิเคราะห์อภิมานเป็นการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อสังเคราะห์งานวิจัยหลาย ๆ เรื่องที่ศึกษาปัญหาวิจัยเดียวกัน โดยใช้วิธีทางสถิติ ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์อภิมานประกอบด้วยผลการวิจัยในรูปของขนาดอิทธิพลและคุณลักษณะงานวิจัย การวิเคราะห์ให้ความสำคัญกับขนาดอิทธิพลและให้ความสำคัญกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะงานวิจัยกับขนาดอิทธิพล

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์อภิมาน หมายถึง วิธีการสังเคราะห์งานวิจัยเชิงปริมาณที่หลากหลาย แต่ศึกษาปัญหาเดียวกัน โดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลของ Glass (1981) ซึ่งใช้ข้อมูลคุณลักษณะงานวิจัยเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ และค่าขนาดอิทธิพลเป็นค่าดัชนีมาตรฐาน

5.3 วิธีการดำเนินการวิเคราะห์อภิมาน

ขั้นตอนในการวิเคราะห์อภิมานนั้นมีกระบวนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอนสอดคล้องกับกับการวิจัยโดยทั่วไป (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ประกอบด้วย 1) การกำหนดปัญหาวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัย 2) การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 3) การรวบรวมข้อมูลกลุ่มประชากรสำหรับใช้สังเคราะห์งานวิจัย 4) การวิเคราะห์ข้อมูล และ 5) การสรุปและนำเสนอรายงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การกำหนดปัญหาวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัย

ในการวิจัยเชิงปริมาณมุ่งที่จะอธิบายปรากฏการณ์ การกำหนดปัญหาวิจัยที่เป็นประเด็นหลัก 3 ปัญหา คือ ค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของตัวแปรตามเป็นอย่างไร ความแปรปรวนมีมากน้อยเพียงไร และปัจจัยใดอธิบายความแปรปรวนนั้นได้และมากน้อยเพียงไร

สำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยสำหรับการวิเคราะห์อภิมาน มีวิธีการเป็นแบบเดียวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์งานวิจัยที่มีข้อขัดแย้งหรือมีจำนวนมากเพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อยุติ เพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ทางวิชาการและเพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่เป็นความสัมพันธ์แบบเป็นเงื่อนไขที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษาทฤษฎีทั้งหมดที่เกี่ยวกับการวิจัย ศึกษาสังเคราะห์รายงานการวิจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องและสร้างกรอบความคิดสำหรับการวิเคราะห์อภิมาน โดยต้องให้ความสำคัญกับรายงานการสังเคราะห์งานวิจัยที่เป็นการศึกษาปัญหาเดียวกัน ในการวิเคราะห์อภิมานนักวิจัยมักไม่นิยมใช้วิธีการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยการวิเคราะห์อภิมานเพราะจะเป็นงานซ้ำซ้อนกับงานวิจัยที่จะใช้การวิเคราะห์อภิมาน ส่วนใหญ่การรายงานการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมักจะรายงานค่าดัชนีมาตรฐานจากงานวิจัยแต่ละเรื่อง โดยไม่มีการสังเคราะห์

3. การรวบรวมข้อมูล

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 4 ภาระงานย่อย คือ 1) การเสาะค้นงานวิจัย 2) การกำหนดกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่จะสังเคราะห์ 3) การสร้างเครื่องมือวิจัย 4) การบันทึกข้อมูล อธิบายรายละเอียดของแต่ละภาระงานได้ดังนี้

3.1 การเสาะค้นงานวิจัย ผู้วิจัยต้องกำหนดลักษณะงานวิจัยที่ต้องการก่อน ช่วงเวลาที่ศึกษาหน่วยงานหรือสถาบันที่ผลิตงานวิจัยนั้น ๆ โดย Wilson (1992 อ้างถึงใน พรทิพย์ พันตา, 2554) ได้เสนอแนวทางการสืบค้นไว้ 5 แนวทางดังนี้ 1) การสืบค้นจากเชิงอรรถ (footnote chasing) 2) การสืบค้นจากการปรึกษาผู้รู้ (consultation) 3) การสืบค้นจากดัชนี (searches in subject indexes) 4) การสืบค้นจากการอ่านคร่าวๆ (browsing) และ 5) การสืบค้นแบบต่อยอด (citation searches)

3.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่จะสังเคราะห์ สำหรับการเลือกกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยมาทำการวิเคราะห์อภิमानนั้น นักวิจัยอาจเลือกโดยการสุ่มหรือจะเลือกแบบเจาะจงโดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกให้ชัดเจนตามที่นักวิจัยต้องการ เช่น การกำหนดว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึงปัจจุบัน เป็นงานวิจัยที่มีการรายงานค่าสถิติเพียงพอที่จะรายงานค่าดัชนีมาตรฐานได้ เฉพาะวิทยานิพนธ์ หรือปริญญาานิพนธ์เท่านั้น เป็นต้น

3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์อภิमानทุกประเภทมี 2 แบบ คือ แบบประเมินคุณภาพงานวิจัย และแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย ซึ่งแนวทางการสร้างของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยนั้นมักจะสร้างเป็นแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) โดยมีข้อความที่บ่งบอกคุณภาพของงานวิจัยในแต่ละด้าน เช่น สมมติฐานของงานวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปและอภิปรายผลการวิจัย เป็นต้น สำหรับแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยนั้น อาจทำเป็นตาราง หรือข้อคำถามปลายเปิดหรือปลายปิดก็ได้แล้วแต่ผู้วิจัยจะออกแบบให้สอดคล้องกับงานวิจัยของตน

3.4 การบันทึกข้อมูล จะต้องมีการบันทึก การลงรหัส และการเตรียมข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป ในทางปฏิบัติ Glass, McGaw and Smith (1981) ได้นำเสนอสูตรประมาณค่าขนาดอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากงานวิจัย โดยนำเสนอวิธีการประมาณค่า 2 วิธี คือ 1)

วิธีการประมาณค่าจากการคำนวณโดยตรง และ 2) วิธีการประมาณค่าจากสถิติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก. วิธีการประมาณค่าจากการคำนวณโดยตรง โดยใช้สูตรการประมาณค่าอิทธิพลของ Glass (1991)

$$\Delta = \frac{\bar{y}_E - \bar{y}_C}{S_C}$$

เมื่อ Δ แทนค่าดัชนีมาตรฐานที่แสดงขนาดอิทธิพลของตัวแปรจัดกระทำ \bar{y}_E แทนค่าเฉลี่ยกลุ่มทดลอง \bar{y}_C แทนค่าเฉลี่ยกลุ่มควบคุม S_C แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

ข. วิธีการประมาณค่าจากสถิติ ค่าสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าขนาดอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หมายถึง ค่าสถิติที่ได้ จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ได้แก่ค่าสถิติ t , F , χ^2 ซึ่งจะมีสูตรในการประมาณค่าแตกต่างกัน เช่น การประมาณค่าจากค่าสถิติ t ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยค่าสถิติ t ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีสองกรณี คือ กรณีกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกันและกรณีกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน มีสูตรในการประมาณค่าขนาดอิทธิพลดังนี้

$$\Delta = t \sqrt{\frac{1}{n_E} + \frac{1}{n_C}} \quad \text{และ} \quad \Delta = t \sqrt{\frac{2}{n(1-r^2_{EC})}}$$

เมื่อ n_E แทนขนาดของกลุ่มทดลอง n_C แทนขนาดของกลุ่มควบคุม n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

อย่างไรก็ตามบางครั้งรายงานการวิจัยที่นำมาสังเคราะห์อาจมีแบบแผนการวิจัยที่แตกต่างกันไป ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจไม่เพียงพอที่จะคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามวิธีดังกล่าวข้างต้นได้ ด้วยเหตุนี้ Glass (1981) จึงได้เสนอวิธีคำนวณค่าขนาดอิทธิพลจากค่าสถิติทดสอบของงานวิจัยที่มีแบบแผนการวิจัยและข้อมูลเชิงสถิติที่แตกต่างกันไว้ดังตารางที่ 4 ดังนี้ (ศิริ ศิริจันทร์, 2549)

ตารางที่ 4 สูตรการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามข้อมูลเชิงสถิติของแผนการวิจัยที่แตกต่างกัน

กรณี	สูตรคำนวณ
1. กลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม S_y คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรเกณฑ์ของคะแนนการสอบวัดหลังการทดสอบ	$\Delta = \frac{\bar{Y}_e - \bar{Y}_c}{S_y}$
2. กลุ่มทดลองมีสองกลุ่ม กลุ่มควบคุมมีหนึ่งกลุ่ม	$\Delta_1 = \frac{\bar{Y}_{e1} - \bar{Y}_{c1}}{S_y}$ $\Delta_2 = \frac{\bar{Y}_{e2} - \bar{Y}_{c2}}{S_y}$
3. กลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยมีการวัดก่อนและหลังการทดลอง และเสนอเฉพาะค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากการวัด \bar{G}_e แทน ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของกลุ่มทดลอง \bar{G}_c แทน ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นของกลุ่มควบคุม	$\Delta = \frac{\bar{G}_e - \bar{G}_c}{S_y}$ $S_c = \sqrt{S_e + S_c - 2r_{rec}S_eS_c}$
4. กลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยมีการสอบวัดก่อนและหลังการทดลอง และเสนอเฉพาะคะแนนเศษเหลือ (residual score)	$\Delta = \frac{\bar{G}_e - \bar{G}_c}{S_y}$ $S_y = S_c\sqrt{1 - r_{12}^2}$
5. ตัวแปรเกณฑ์เป็นคะแนนปรับแก้ตัวแปรร่วม (adjusted score)	$\Delta = \frac{\bar{y}_E - \bar{y}_C}{S_y}$ $S_y = \sqrt{\frac{MSw(dfw - 1)}{(1 - r_{12}^2)(dfw - 2)}}$
6. คำนวณจากค่าสถิติ t, F	
ก) ขนาดของกลุ่มเท่ากัน	$\Delta = t\sqrt{2/n}$
ข) ขนาดของกลุ่มไม่เท่ากัน	$\Delta = t\sqrt{\frac{1}{n_E} + \frac{1}{n_C}}$
ค) คำนวณจากค่าสถิติของกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน (matched)	$\Delta = t\sqrt{\frac{2}{n(1 - r_{EC}^2)}}$
ง) เมื่อมี (k-1) กลุ่ม คำนวณจากค่าสถิติ F	$S_y = MS_W = MS_B/F$
7. แบบแผนงานวิจัยที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว SS_B แทน ผลบวกกำลังสองของตัวแปร B SS_{AB} แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร A และตัวแปร B df แทน องศาแห่งความเป็นอิสระ	$\Delta = \frac{\bar{Y}_e - \bar{Y}_c}{S_y}$ $S_y = \sqrt{\frac{SS + SS_{AB} + SS_W}{df_B + df_{AB} + df_W}}$

ตารางที่ 4 (ต่อ) สูตรการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามข้อมูลเชิงสถิติของแผนการวิจัยที่แตกต่างกัน

กรณี	สูตรคำนวณ
8. แบบแผนการวิจัยที่ไม่มีกลุ่มควบคุม	$\Delta = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{S_2}$
$\overline{X_1}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง	
$\overline{X_2}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม	
S_2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มเปรียบเทียบ	

ในการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยในที่นำมาสังเคราะห์เป็นหน่วยการวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ยของขนาดอิทธิพลหรือผลการทดลองว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด ส่วนค่าความแปรปรวนของขนาดอิทธิพลจะบอกให้ทราบถึงความแตกต่างของขนาดอิทธิของงานวิจัยแต่ละเรื่องว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ในการวิเคราะห์เพื่ออธิบายความแปรปรวนของขนาดอิทธิพลใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยมีตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยเป็นตัวแปรต้น และขนาดอิทธิพลเป็นตัวแปรตามเพื่ออธิบายตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยส่งผลต่อความแปรปรวนของขนาดอิทธิพลมากน้อยเพียงใด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล การดำเนินงานในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ ครอบคลุมงานสำคัญ 3 งาน คือ 1) การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ 2) การตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปร และ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

4.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ หลังจากทีนักวิจัยได้บันทึกข้อมูลจากรายงานการวิจัย และตรวจสอบการลงรหัสตัวแปรว่าถูกต้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือเตรียมไฟล์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งต้องตรวจสอบด้วยว่ามีการขาดหายไปของข้อมูลหรือไม่ (missing) หากพบว่ามีนักวิจัยจะต้องตรวจสอบว่าเป็นการหายไปแบบใด ถ้าเป็นการหายไปเป็นแบบสุ่มนักวิจัยควรต้องย้อนกลับไปสืบค้น ตรวจสอบและเก็บข้อมูลจากแหล่งนั้น แต่ถ้าเป็นการขาดหายไปแบบมีระบบนักวิจัยอาจใช้การวิเคราะห์ทางสถิติคำนวณหาแทนค่าได้

4.2 การตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปร นักวิจัยต้องจัดทำตารางแจกแจงความถี่ของตัวแปรที่เป็นตัวแปรเชิงคุณลักษณะ และค่าสถิติเชิงบรรยาย เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความโด่ง ค่าความเข้ ของตัวแปรเชิงปริมาณเพื่อตรวจสอบว่าเป็นโค้งปกติ

หรือไม่ การดำเนินงานที่สำคัญอีก 2 ประการคือ 1) การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (multicollinearity) และ 2) การตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นที่จะใช้สถิติวิเคราะห์แต่ละประเภทหรือไม่

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย ในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เช่น การนำเสนอค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสำคัญ เช่น การทำตารางไขว้ (cross tabulation) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเบื้องต้น การทำกราฟเพื่อเสนอค่าดัชนีมาตรฐาน และ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย หลักการสำคัญของการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ผลการวิจัยซึ่งวัดในรูปแบบดัชนีมาตรฐานทั้งหมดว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ถ้าไม่แตกต่างกัน นักวิจัยสามารถสังเคราะห์สรุปผลการวิจัยทั้งหมดเป็นคำตอบของปัญหาวิจัยได้ แต่ถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต้องวิเคราะห์ต่อไปว่าความแตกต่างหรือความแปรปรวนในค่าดัชนีมาตรฐานนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากคุณลักษณะงานวิจัยด้านใดบ้าง แล้วแยกงานวิจัยเป็นกลุ่มตามลักษณะนั้น ๆ เพื่อสังเคราะห์สรุปงานวิจัยในแต่ละกลุ่มวิธีการสังเคราะห์นั้นอาจทำได้ทั้งวิธีการบรรยาย และการสังเคราะห์โดยวิธีเชิงปริมาณ

5. การสรุปผลการวิเคราะห์อภิมาน นอกจากจะต้องมีการสรุปผล การอภิปรายผลเชื่อมโยงผลการวิจัยกับความรู้ในอดีต และความรู้ทางทฤษฎีแล้ว ยังต้องให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและข้อเสนอแนะทางวิชาการด้วย นักวิจัยคาดหวังว่า ผลจากการวิเคราะห์อภิมานน่าจะต้องให้ข้อค้นพบที่ลึกซึ้ง เหนือชั้นกว่างานวิจัยแต่ละเรื่องที่น่ามาสังเคราะห์ และข้อสรุปรวมทั้งข้อเสนอแนะต้องมีความกว้างโดยทั่วไป (generality) มากกว่างานวิจัยปกติ

5. Hunter และ Schmidt (1990) อธิบายประโยชน์ของการวิเคราะห์อภิมานว่ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทฤษฎี เพราะข้อค้นพบที่กว้างขวางลุ่มลึกจากการวิเคราะห์อภิมานช่วยให้ได้หลักฐานสนับสนุนการพัฒนาทฤษฎีทางวิชาการ อันเป็นการขยายขอบเขตแห่งความรู้ให้กว้างขวางต่อไป (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

5.4 ขนาดอิทธิพล

ขนาดอิทธิพลในภาษาอังกฤษใช้คำว่า effect size ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลต่างอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในการวิจัยเชิงทดลองโดยกลุ่มทดลองให้ผลมากกว่ากลุ่มควบคุม

ที่หน่วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนั้นยังเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความมากน้อยของค่าความสัมพันธ์ในงานวิจัยเชิงสหสัมพันธ์

นักวิจัยหลายท่านได้กำหนดสัญลักษณ์ของขนาดอิทธิพลแตกต่างกันออกไป เช่น โคเฮนใช้ “d” กล้าสใช้ “ Δ ” เฮตเจสใช้ “g” และการแปลความหมายของค่าขนาดอิทธิพลของโคเฮน (Cohen, 1989 อ้างถึงใน ศิริระ ศิริจันทร์, 2549) เป็นดังนี้

ค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.2 หรือน้อยกว่า หมายถึง มีอิทธิพลน้อย (small effect)

ค่าอิทธิพลระหว่าง 0.5 – 0.6 หมายถึง มีอิทธิพลปานกลาง (medium effect)

ค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.8 หรือมากกว่า หมายถึง มีอิทธิพลมาก (large effect)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

กรรณก เลิศเดชาภัทร (2559) ศึกษาวิจัยเรื่องผลการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลังที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือร่วมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลังมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 82.14 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับความสามารถดีมาก และ นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลังมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการใช้การสืบสอบแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก และ นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของ

คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จงกล บุญรอด (2557) ศึกษาวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 และ นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กฤตกร สภาสันติกุล (2558) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และ นักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สันติชัย อนุราชัย (2553) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และจัดอยู่ในความสามารถระดับดี และ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ทำการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ทำการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยวิธีสอนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุพัตรา จันทร์โฆษิต (2552) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สุรรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีผลต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเท่ากับร้อยละ 88.01 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายในแต่ละหัวเรื่องจำนวนทั้งหมด 12 หัวเรื่องสูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง (2554) ศึกษาวิจัยเรื่องผลการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายพบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และ นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พจิลาภรณ์ ขวัญใจ (2555) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการสร้าง

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 74.11 และ 75.42 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จรรยาลักษณ์ วรโคตร (2558) ศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่าคะแนนเฉลี่ยของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

วิริยา ตาสี (2559) ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กลวานิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า หลังจากที่นักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์แล้วนักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับค่อนข้างสูง อธิบายได้ว่าถ้าหากนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดเป็นรูปแบบสมบูรณ์จะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นด้วยเช่นกัน

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์อภิमान

พรทิพย์ พันตา (2554) ศึกษาวิจัยเรื่องการสังเคราะห์งานวิจัยนวัตกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์อภิमान และการวิเคราะห์กลุ่มแฝง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับนวัตกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์อภิमान เพื่อวิเคราะห์กลุ่มแฝงของขนาดอิทธิพลจากคุณลักษณะงานวิจัย กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ

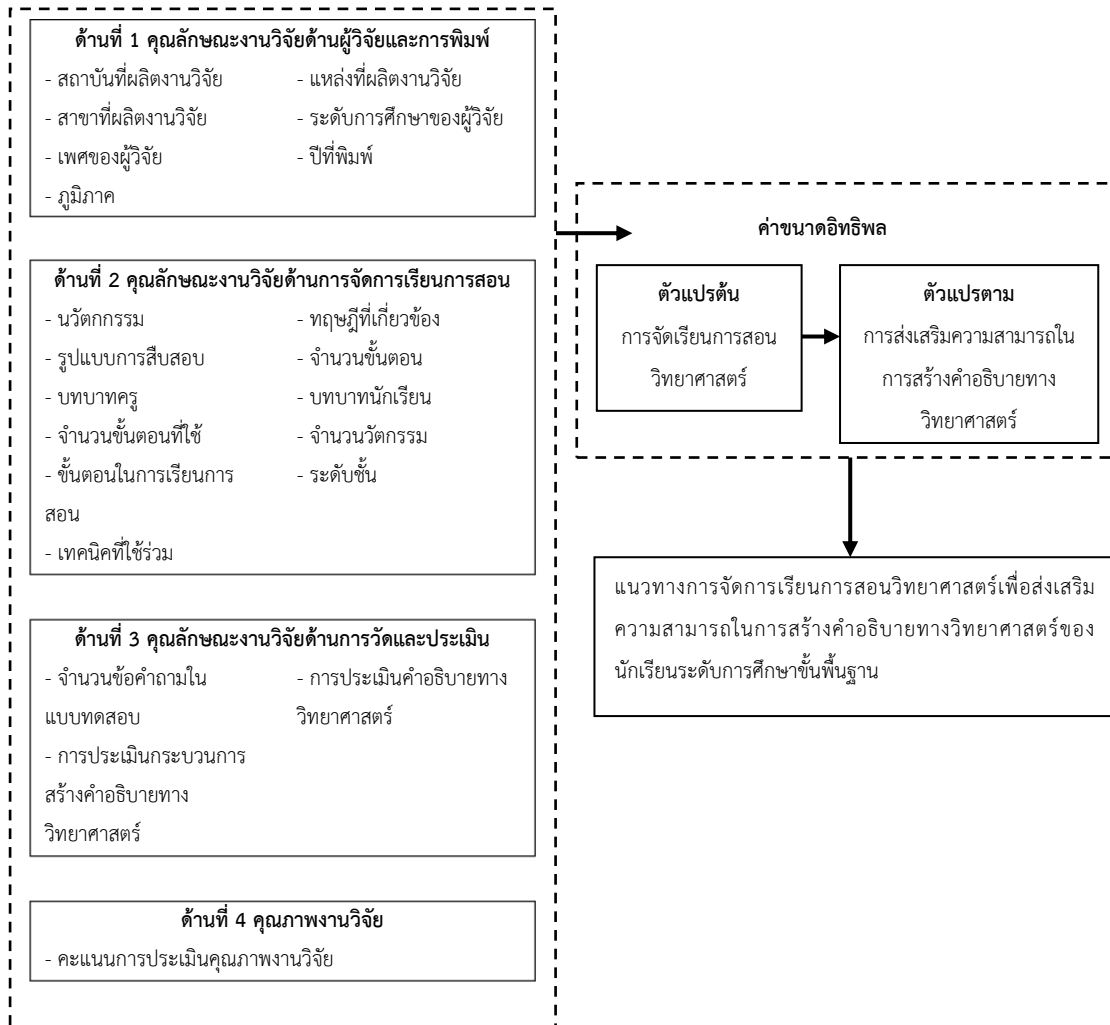
1) วิทยานิพนธ์บัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐบาลจำนวน 8 แห่ง และ 2) งานวิจัยจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้น 72 เล่ม ผลการวิจัยสรุปได้ 2 ประการ คือ 1) ผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณพบว่ามหาวิทยาลัยที่ผลิตงานวิจัยมากที่สุด คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ โดยช่วงปีที่ผลิตมากที่สุดอยู่ในช่วง พ.ศ. 2545 – 2548 นอกจากนั้นผลการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มี 4 ตัวแปร ได้แก่ ค่าสถิติทดสอบที่ ค่าความเที่ยง ช่วงระยะเวลาในการทดลองมากกว่า 3 – 6 เดือน และการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย 2) ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงพบว่าตัวแปรการสุ่ม ตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ตัวแปรกลุ่มของความเที่ยง และตัวแปรกลุ่มของสถิติทดสอบที่ทั้ง 4 ตัวแปรสามารถแบ่งกลุ่มแฝงของค่าขนาดอิทธิพลได้ 2 กลุ่มโดยตัวบ่งชี้ของกลุ่มแฝงขนาดอิทธิพลสูงประกอบด้วย งานวิจัยที่มีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.84 และมีค่าสถิติทดสอบที่มากกว่า 6.435 ตามลำดับ

วรารกร พรหมมณี (2554) ศึกษาวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ: การวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ คือ 1) เพื่อวิเคราะห์สรุปผลเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ 2) เพื่อวิเคราะห์หาขนาดอิทธิพลจากปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ 3) เพื่อสังเคราะห์ข้อสรุปการจัดการเรียนการสอนบนเว็บที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ โดยงานที่วิจัยที่นำมาศึกษาเป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่จัดพิมพ์ในช่วงปี พ.ศ.2548 – 2553 จำนวน 147 เล่ม ผลการวิจัยมี 3 ข้อ ดังนี้ 1) งานวิจัยทางด้านการจัดการเรียนการสอนบนเว็บที่นำมาวิเคราะห์มีการผลิตมากที่สุดในปี พ.ศ. 2551 โดยสถาบันที่ผลิตงานวิจัยมากที่สุด คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2) ค่าเฉลี่ยขนาดอิทธิพลโดยรวมมีผลต่อการพัฒนาผลลัพธ์ทางการเรียนรู้โดยรวมในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บอยู่ในระดับสูง 3) ผลการสังเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ ตามองค์ประกอบกรอบแนวคิดพื้นฐานจำนวน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านศาสตร์การสอนหรือวิธีการสอน พบว่ารูปแบบตามแนวคอนสตรัคติวิสต์มีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับสูงมาก 2) ด้านเนื้อหาวิชา พบว่ามีการใช้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในการสอนบนเว็บมากที่สุดและมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับสูง 3) ด้านเทคโนโลยี พบว่ามีการใช้ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างเว็บ (Adobe Dreamweaver) ในการจัดการเรียนการสอนมากที่สุดและมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับสูง

นฤมล อุดมคุณ (2552) ศึกษาวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยด้านนวัตกรรมการจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อศึกษางานวิจัยด้านนวัตกรรมการจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 2) เพื่อศึกษาคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของนวัตกรรมการจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 3) เพื่อสังเคราะห์สรุปองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านนวัตกรรมการจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยงานวิจัยที่นำมาศึกษาเป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่ดีพิมพ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 – 2549 จำนวน 89 เล่ม ผลการสังเคราะห์งานวิจัยมี 3 ข้อ ดังนี้ 1) งานวิจัยด้านนวัตกรรมการจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์วิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา มีการผลิตมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2530 – 2534 โดยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒผลิตมากที่สุด สาขาวิชาที่ผลิตมากที่สุด คือ สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คุณภาพโดยรวมของงานวิจัยอยู่ในระดับดีมาก 2) ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในขนาดอิทธิพลได้ เช่น ตัวแปรการออกแบบงานวิจัยแบบ True control group pre-posttest design ตัวแปรระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3) นวัตกรรมที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลเรียงลำดับค่าเฉลี่ยขงขนาดอิทธิพลจากมากไปน้อย ดังนี้ นวัตกรรมด้านกิจกรรม นวัตกรรมด้านหลักสูตร นวัตกรรมด้านการสอน นวัตกรรมด้านเทคนิคและกลวิธี ตามลำดับ

7. กรอบแนวคิดงานวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยเสนอกรอบแนวคิดการวิจัยในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นการวิจัยโดยใช้การสังเคราะห์งานวิจัยและการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยประชากรการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่จัดทำขึ้นในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 - 2561 ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา การเพิ่มโอกาสทางการศึกษาและการเรียนรู้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน เพื่อให้คนไทยทุกคนได้เรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพและเท่าเทียม โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์อภิมานงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 6 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) คัดเลือกงานวิจัย 3) สร้างเครื่องมือและรวบรวมข้อมูล 4) วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 5) วิเคราะห์อภิมานงานวิจัย 6) สรุปองค์ความรู้ด้านคุณลักษณะงานวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์อภิมาน

ระยะที่ 2 การคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์อภิมาน และการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์อภิมาน จำนวน 2 ขั้นตอน คือ 1) การคัดเลือกคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน 2) การจัดทำข้อมูลเชิงคุณภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 3 การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน นำเสนอใน 3 องค์ประกอบ คือ 1) กิจกรรมการเรียนการสอน 2) สื่อการสอน และ 3) การวัดและประเมิน

ในแต่ละลำดับขั้นตอนมีกิจกรรมในการดำเนินงาน และผลที่ได้รับ แสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ลำดับขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินการ	สิ่งที่ได้รับ
ระยะที่ 1		
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และการวิเคราะห์ทอภิมาน	1. นิยามและแนวทางในการดำเนินการวิจัย 2. กรอบแนวคิดงานวิจัย
2. การคัดเลือกงานวิจัย	สำรวจและรวบรวมงานวิจัยทั้งหมด เพื่อนำมาคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด คือ เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง และมีการรายงานค่าสถิติเพียงพอต่อการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลของ Glass (1981)	งานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 เล่ม
3. การสร้างเครื่องมือและรวบรวมข้อมูล	1. นำแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยไปตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ทางด้านความครอบคลุมของเนื้อหา ความเหมาะสม และความชัดเจนทางภาษา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน 2. ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยของพรทิพย์ พันตา (2554) เพื่อให้ได้เครื่องมือประเมินคุณภาพงานวิจัยที่สอดคล้องกับการงานวิจัย และตรวจสอบความสอดคล้องในการลงข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน 3. เก็บรวบรวมข้อมูล	1. เครื่องมือวิจัย คือ แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย และแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย 2. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย และแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย อย่างละ 11 ฉบับ รวมทั้งสิ้น 22 ฉบับ

ตารางที่ 5 (ต่อ) ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ลำดับขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
4. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อคำนวณสถิติเชิงบรรยาย ใน 2 ส่วน คือ สำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และ สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ความโค้ง และความเบ้	ลักษณะงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์
5. การวิเคราะห์อภิมาน	1. คำนวณหาค่าสถิติเบื้องต้น 2. คำนวณหาค่าอิทธิพล โดยใช้สูตรของ Glass (1981) 3. เปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลจำแนกตามคุณลักษณะงานวิจัย	1. ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัย 2. ตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพล
6. การสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์อภิมาน	1. สรุปผลการสังเคราะห์งานวิจัย 2. อภิปรายผลการวิจัย	องค์ความรู้จากการวิเคราะห์อภิมานที่เกี่ยวกับคุณลักษณะงานวิจัยที่ส่งเสริมการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
ระยะที่ 2		
1. การคัดเลือกคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน	คัดเลือกและจัดกระทำคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้จากระยะที่ 1	ข้อมูลที่จะนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. การจัดกระทำข้อมูลเชิงคุณภาพของกลุ่มตัวอย่าง	จัดกระทำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากแบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพงานวิจัยในระยะที่ 1 โดยแบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและประเมิน	ข้อมูลที่จะนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตารางที่ 5 (ต่อ)ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ลำดับขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
ระยะที่ 3		
การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอน	นำข้อมูลที่ได้จากระยะที่ 2 มาสังเคราะห์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอน	แนวทางการจัดการเรียนการสอน
วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน	วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน		ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) กิจกรรมการเรียนการสอน 2) สื่อการสอน และ 3) การวัดและประเมิน

เนื่องจากผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะดังที่กล่าวมาข้างต้น ในแต่ละระยะของการดำเนินการวิจัยสามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ห้วงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

การวิเคราะห์ห้วงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จัดทำขึ้นในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 – 2561 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษต่อไป อีกทั้งช่วงเริ่มต้นของการใช้แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนอันเป็นกำลังของชาติ ให้กลายเป็นบุคคลที่มีคุณภาพทั้งในด้านของความรู้ ทักษะ และการดำรงชีวิตในสังคมพลวัต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยมีขอบเขตในการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สาเหตุที่เลือกประชากร 2 กลุ่มนี้ เนื่องจากเป็นมหาวิทยาลัยปิดของรัฐที่มีการเปิดสอนในสาขาวิทยาศาสตร์/การสอนวิทยาศาสตร์ และสถาบันที่เน้นศาสตร์ทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์จำนวนทั้งสิ้น 17 เล่ม

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ วิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่จัดทำขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – 2561 ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับรัฐบาลจำนวน 8 สถาบัน และ 2) งานวิจัยจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 11 เล่ม โดยใช้เกณฑ์คัดเลือกงานวิจัยที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย

1. เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่ศึกษาตัวแปรต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และศึกษาตัวแปรตามเกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. เป็นงานวิจัยที่รายงานสถิติพื้นฐานและสถิติที่เป็นผลจากการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติเพียงพอต่อการนำไปใช้คำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามสูตรของ Glass เช่น ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยเพื่อนำมาสังเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกดังนี้

1. สืบค้นรายชื่อวิทยานิพนธ์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการสืบค้นทางคอมพิวเตอร์ของห้องสมุดจากประชากรทั้ง 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ตีพิมพ์ในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – 2561

2. สืบค้นเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ว่ามีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือกงานวิจัยที่ผู้วิจัยกำหนดไว้หรือไม่ โดยผู้วิจัยทำการค้นหากลุ่มตัวอย่างที่สอดคล้องกับเกณฑ์จำนวน 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยดำเนินการสืบค้นจากบทคัดย่อของวิทยานิพนธ์ รวมถึงรายงานการวิจัยจากฐานข้อมูลออนไลน์ของห้องสมุดของแต่ละสถาบัน

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการค้นหาตัวเล่มฉบับเผยแพร่ออนไลน์/ฉบับจริงจากประชากรทั้ง 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัย

ศรีนครินทร์วิโรฒ และ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

2.3 ผู้วิจัยดำเนินการดาวน์โหลดตัวเล่มฉบับจริง จากฐานข้อมูลออนไลน์ของห้องสมุดมหาวิทยาลัยโดยตรงและจากโครงการเครือข่ายห้องสมุดประเทศไทยของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่เว็บไซต์ <http://tdc.thailis.or.th/tdc> โดยวิทยานิพนธ์ที่เป็นตัวอย่างของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้วิจัยทำการติดต่อผ่านบรรณารักษ์ให้ทำการถ่ายเอกสารตัวเล่มฉบับจริง และส่งกลับมาหาผู้วิจัย ส่วนวิทยานิพนธ์ที่เป็นตัวอย่างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์นั้นงดการเผยแพร่ข้อมูลออนไลน์ตามที่ประกาศหน้าเว็บไซต์ของห้องสมุดมหาวิทยาลัย

ผลการสืบค้นทั้งหมดพบว่าม้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 17 เรื่อง แต่หลังจากพิจารณาความสอดคล้องของงานวิจัยและเนื้อหาด้านระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้เพื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการนำไปใช้คำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามสูตรของ Glass พบว่าม้งานวิจัยที่สอดคล้องกับเกณฑ์ในการคัดเลือกงานวิจัยจำนวน 11 เรื่อง คิดเป็นร้อยละ 65 แสดงรายละเอียดผลการสืบค้นในตารางที่ 6

ทั้งนี้สาเหตุที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 6 ฉบับไม่สามารถนำมาสังเคราะห์ได้เนื่องจาก 1) งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 2 เล่มโดยเล่มที่ 1 ยังไม่มีการเผยแพร่ งานวิจัยฉบับเต็มและเล่มที่ 2 เป็นวิจัยเชิงคุณภาพซึ่งไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดว่าต้องเป็นงานวิจัยเชิงทดลอง และนำเสนอข้อมูลทางสถิติไม่เพียงพอในการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามสูตรของ Glass 2) งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒจำนวน 1 เล่มมีการจัดทำในปี พ.ศ. 2551 ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกงานวิจัยที่จัดทำตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552 เป็นต้นไป ทำให้งานวิจัยฉบับนี้ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด 3) งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 3 เล่ม ไม่สามารถนำมาสังเคราะห์ได้เนื่องจากหนึ่งเล่มงานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพและมีข้อมูลทางสถิติไม่เพียงพอในการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลตามสูตรของ Glass และอีกสองเล่มงานวิจัยไม่พบตัวเล่มฉบับจริงโดยได้สอบถามไปยังบรรณารักษ์ของห้องสมุดเพื่อขอความช่วยเหลือในการค้นหาแล้วแต่ก็ไม่พบตัวเล่มฉบับจริง

ตารางที่ 6 ผลการสืบค้นวิทยานิพนธ์ จำนวนงานวิจัยและร้อยละของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

ชื่อสถาบัน	จำนวนงานวิจัยที่ สืบค้นได้	จำนวนงานวิจัยที่ นำมาสังเคราะห์	ร้อยละของงานวิจัย ที่นำมาสังเคราะห์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	9	9	82
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2	0	0
มหาวิทยาลัยขอนแก่น	5	2	18
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	0	0	0
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	0	0	0
มหาวิทยาลัยบูรพา	0	0	0
มหาวิทยาลัยศิลปากร	0	0	0
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	1	0	0
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	0	0	0
รวมทั้งสิ้น	17	11	100

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยในระยะนี้มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัวแปร คือ ตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ซึ่งตัวแปรต้นของงานวิจัยในระยะนี้ คือ คุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอน จำนวน 22 ตัวแปร โดยผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน ด้านคุณภาพงานวิจัย ตัวแปรตาม คือ ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยโดยใช้สูตรของ Glass (1981)

ในส่วนของตัวแปรต้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้นผู้วิจัยทำการสังเคราะห์ตัวแปรต้นจากงานวิจัยที่มีตัวแปรตามคือการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยของพรทิพย์ พันตา (2554) เป็นกรอบการสังเคราะห์ตัวแปรต้นและปรับเพื่อให้เข้ากับสิ่งที่ผู้วิจัยกำลังศึกษา ซึ่งผู้วิจัยสรุปได้ว่ามีจำนวนตัวแปรต้น 22 ตัวแปร ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ประกอบด้วย 7 ตัวแปร คือ 1) สถาบันที่ผลิตงานวิจัย 2) แหล่งที่ผลิตงานวิจัย 3) สาขาที่ผลิตงานวิจัย 4) ระดับการศึกษาของผู้วิจัย 5) เพศของผู้วิจัย 6) ปีที่พิมพ์ และ 7) ภูมิภาคที่ทำการวิจัย

2. ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 11 ตัวแปร คือ 1) นวัตกรรมการเรียนจัดการเรียนรู้ 2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3) รูปแบบการสืบสอบวิทยาศาสตร์ 4) พฤติกรรมของครู 5) พฤติกรรมของนักเรียน 6) จำนวนขั้นตอนการเรียนการสอน 7) จำนวนนวัตกรรมที่ใช้ 8) จำนวนคาบเรียน 9) ระดับชั้น 10) ขั้นตอนในการเรียนการสอน 11) เทคนิคที่ใช้ร่วม

3. ด้านการวัดและประเมิน ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ 1) จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ 2) การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. ด้านคุณภาพงานวิจัย ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ คะแนนคุณภาพงานวิจัย

ผู้วิจัยแสดงรายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยแต่ละด้านดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร	องค์ประกอบของแต่ละตัวแปร
ด้านที่ 1 ผู้วิจัยและการพิมพ์		
1. สถาบันที่ผลิตงานวิจัย	UNIVER	1) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 4) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 5) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 6) มหาวิทยาลัยบูรพา 7) มหาวิทยาลัยศิลปากร 8) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 9) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. แหล่งที่ผลิตงานวิจัย	SOURCE	1) คณะครูศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ 2) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตารางที่ 7 (ต่อ)รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร	องค์ประกอบของแต่ละตัวแปร
3. สาขาที่ผลิตงานวิจัย	MAJOR	1) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ 2) สาขาวิชาการศึกษา 3) สาขาวิชามัธยมศึกษา วิทยาศาสตร์ 4) สาขาวิชาหลักสูตรและการ 4) สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา นิเทศ 6) สาขาวิชาหลักสูตรและการ 7) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติ สอน ทางการศึกษา 8) สาขาวิชาเทคโนโลยีทาง 9) สาขาวิชาประถมศึกษา การศึกษา 10) รายงานการวิจัย
4. ระดับการศึกษาของผู้วิจัย	EDU	1) ปริญญาโท 2) ปริญญาเอก 3) อื่น ๆ
5. เพศของผู้วิจัย	SEX	1) เพศชาย 2) เพศหญิง
6. ปีที่พิมพ์	YEAR	ปี พ.ศ. 2552 - 2560
7. ภูมิภาคที่ทำการวิจัย	REGION	1) ภาคเหนือ 2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3) ภาคกลาง 4) ภาคตะวันออก 5) ภาคตะวันตก 6) ภาคใต้
ด้านที่ 2 การจัดการเรียนการสอน		
8. จำนวนขั้นตอนของ นวัตกรรมการเรียนการ สอนวิทยาศาสตร์	NUMINNO	0 - 9
9. จำนวนแผนการ จัดการการเรียนรู้ที่ใช้	NUMLP	0 - 99
10. จำนวนคาบเรียนที่ใช้	NUMPE	0 - 99
11. ระดับชั้น	LEVEL	1) ป.1 2) ป.2 3) ป.3 4) ป.4 5) ป.5 6) ป.6 7) ม.1 8) ม.2 9) ม.3

ตารางที่ 7 (ต่อ)รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร	องค์ประกอบของแต่ละตัวแปร
12. นวัตกรรมการจัดการเรียนการสอน	INNO	<ol style="list-style-type: none"> 1) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลัง 2) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน 3) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 4) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง 5) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA 6) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีทำนาย สังเกตและอธิบายอย่างมีขั้นตอน 7) การจัดการเรียนรู้สืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 8) การจัดการเรียนรู้สืบสอบร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 9) การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้เป็นฐาน 10) การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการผนวกกับการใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์
13. ทฤษฎีที่ใช้	THEO	<ol style="list-style-type: none"> 1) Constructivism 2) Social constructivism 3) Constructivism and Social-constructivism 4) Constructivism และทฤษฎีแบบจำลอง 5) Constructivism, Social-constructivism และ Jean Piaget's cognitive development theory
14. รูปแบบการสืบสอบวิทยาศาสตร์	INQUI	<ol style="list-style-type: none"> 1) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง 2) การเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง 3) การเรียนรู้ตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง 4) การเรียนรู้โดยใช้กลวิธี POE 5) การเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการโต้แย้ง 6) การเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 7) การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน 8) การเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร	องค์ประกอบของแต่ละตัวแปร
15. ขั้นตอนในการเรียนการสอน	STEP1 STEP2 STEP3 STEP4 STEP5 STEP6	1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสืบสอบรายบุคคล 3) ขั้นแลกเปลี่ยน 4) ขั้นสรุปผล 5) ขั้นประเมินผล 6) ขั้นขยายความรู้
16. บทบาทครู	TEAC1 TEAC2 TEAC3 TEAC4 TEAC5 TEAC6 TEAC7 TEAC8 TEAC9 TEAC10	1) ให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองของตนเอง 2) ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเพื่อคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่กำหนด 3) ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการตรวจสอบ 4) ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและปฏิบัติตามแผนที่ตนเองออกแบบ 5) ให้ออกาสนักเรียนในการปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป 6) ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการทำงานร่วมกัน 7) นำห้องเรียนสู่ปรากฏการณ์โลกด้วยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง 8) ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 9) มีการสนับสนุน กระตุ้น เสริมแรง สร้างแรงบันดาลใจและให้คำแนะนำแก่นักเรียน 10) มุ่งให้นักเรียนสามารถนำความรู้สู่การปฏิบัติได้ในชีวิตประจำวัน
17. บทบาทนักเรียน	STUDE1 STUDE2 STUDE3 STUD4 STUD5 STUD6	1) เชื่อมโยงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2) ร่วมมือทำกิจกรรมด้วยความกระตือรือร้น 3) หาข้อมูล วางแผน และสื่อสารภายในกลุ่มและนำเสนอต่อชั้นเรียน 4) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ รับฟังความเห็นของผู้อื่น 5) ประเมิน ปรับปรุง และแก้ไขผลงานของกลุ่ม 6) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

ตารางที่ 7 (ต่อ)รายละเอียดของตัวแปรคุณลักษณะ

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร	องค์ประกอบของแต่ละตัวแปร
18 เทคนิคที่ใช้ร่วมกับ นวัตกรรม	TECHN1	1) Think-pair-share
	TECHN2	2) Round robin
	TECHN3	3) Talking chip
	TECHN4	4) Round table
	TECHN5	5) อื่น
ด้านที่ 3 การวัดและประเมิน		
19. จำนวนคำถามของ เครื่องมือ	NUMQ	0 - 99
20. การประเมิน คำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	CLAI	1) ข้อกล่าวอ้าง
	EVIDEN	2) การใช้หลักฐาน
	REASO	3) การให้เหตุผล
21. การประเมิน กระบวนการสร้าง คำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	PROASSESS	1) ประเมินกระบวนการสร้างโดยใช้แบบสังเกต
		2) ประเมินกระบวนการสร้างด้วยแบบสอบอื่น ๆ
ด้านที่ 4 คุณภาพงานวิจัย		
22. คะแนนการประเมิน งานวิจัย	NUMASSES	0.00 – 9.99

3. เครื่องมือที่ใช้การวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 1 คือ แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไปของคุณลักษณะงานวิจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์อภิमान ส่วนที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไปของคุณลักษณะงานวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน และด้านคุณภาพงานวิจัย และสมุดรหัสนี้

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการสอน และด้านการวัดและประเมิน

3.2 แบบประเมินคุณภาพงานวิจัย ที่ผู้วิจัยปรับใช้จากแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยของพรทิพย์ พันตา (2554) มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 คือ คุณภาพงานวิจัยต่ำ ถึง 4 คือ คุณภาพงานวิจัยสูง และเกณฑ์การประเมินคุณภาพงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการสร้างเครื่องมือวิจัย

1. แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย

1.1 ศึกษางานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดข้อคำถามในแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยโดยใช้แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยของพรทิพย์ พันตา (2554) เป็นกรอบการสังเคราะห์ตัวแปรต้นและปรับเพื่อให้เข้ากับสิ่งที่ผู้วิจัยกำลังศึกษา ผู้วิจัยคัดเลือกตัวแปรต้นโดยแบ่งประเภทคุณลักษณะงานวิจัยออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน และด้านคุณภาพงานวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 22 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรเชิงคุณลักษณะ 17 ตัวแปร และเป็นตัวแปรเชิงปริมาณจำนวน 5 ตัวแปร

1.2 สร้างแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยที่มีลักษณะเป็นแบบบันทึกข้อมูลโดยมีการกำหนดรหัสสำหรับการลงรหัสหรือบันทึกค่าในแต่ละรายการ ซึ่งผู้วิจัยทำการสร้างคู่มือลงรหัสเพื่ออำนวยความสะดวกในการลงข้อมูลโดยมีลักษณะเป็นตารางระบุชื่อตัวแปร รหัสและค่าของตัวแปร และยังมีส่วนที่เป็นแบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัยนั้น ๆ อีกด้วย (แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยอยู่ในภาคผนวก ข)

1.3 นำแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความครอบคลุมของตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัย หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยตามคำแนะนำของอาจารย์ปรึกษา และส่งกลับให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกความถูกต้องและความครอบคลุมอีกครั้งก่อนจะนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา

1.4 นำแบบบันทึกคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอนที่ปรับแก้แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ข้อ คือ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการ

วิเคราะห์ห่อภิมาณ 1 ท่าน 2) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิจัยและการวัดประเมินผล 1 ท่าน และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน (รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในภาคผนวก ก)

1.4 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อให้ อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง หลังจากการตรวจสอบอาจารย์ที่ปรึกษาเห็นควรว่าสามารถนำ แบบบันทึกคุณลักษณะไปใช้จริงได้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้เครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้ลำดับ ต่อ ๆ ไป

ยกตัวอย่างการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ เช่น ด้านการปรับรูปแบบของ แบบบันทึกจากข้อเทคนิคที่ใช้ร่วมกับนวัตกรรมที่มีรหัสค่าตัวแปรต้นเป็น 0 หมายถึง ไม่มี/ไม่ระบุตัว โดยแบ่งออกเป็น 2 ข้อ ย่อย คือ เทคนิคที่ใช้ร่วมกับนวัตกรรม รหัสค่า 0 หมายถึง ไม่มี/ไม่ระบุ 1 = ระบุ ซึ่งถ้ารหัสของข้อคำถามนี้เป็น 0 ให้ข้ามไปข้อต่อไป แต่ถ้ารหัสของข้อคำถามนี้เป็น 1 ให้ลง บันทึกข้อมูลในข้อย่อยต่อไปในประเภทเทคนิคที่ใช้ร่วมกับนวัตกรรม คือ 1) เทคนิคคิดเดี่ยว-คิดคู่-คิด ร่วมกัน (Think-Pair-Share) 2) เทคนิคการพูดรอบวง (Round Robin) 3) เทคนิคการใช้สิทธิในการ อภิปราย (Talking Chip) 4) เทคนิคการเขียนรอบวง (Round Table) และ 5) อื่น ๆ ด้านการ ปรับเปลี่ยนภาษา เปลี่ยนจากประเภทของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นนวัตกรรมการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ แล้วให้เพิ่มความหมายของนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ลงในนิยาม ศัพท์เฉพาะ

2. แบบประเมินคุณภาพงานวิจัย

2.1 ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพงานวิจัย เพื่อใช้เป็น แนวทางในการกำหนดเนื้อหาและรูปแบบในการสร้างแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย

2.2 ปรับแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยของพรทิพย์ พันตา (2554) เพื่อให้สอดคล้องกับ งานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 7 ส่วน คือ 1) การกำหนดปัญหาการวิจัยและวัตถุประสงค์ 2) เอกสารและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3) วิธีการดำเนินการวิจัย 4) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 5) การสรุปอภิปรายผลและ ข้อเสนอแนะ 6) การนำเสนอผลวิจัย 7) คุณภาพงานวิจัยโดยรวม มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับแบบ Likert โดยกำหนดคะแนนระดับของคุณภาพงานวิจัย และเกณฑ์การประเมินผลคุณภาพ งานวิจัยของทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ (2548) ดังนี้

0	หมายถึง	คุณภาพงานวิจัยต่ำ
1	หมายถึง	คุณภาพงานวิจัยค่อนข้างต่ำ
2	หมายถึง	คุณภาพงานวิจัยปานกลาง
3	หมายถึง	คุณภาพงานวิจัยค่อนข้างสูง
4	หมายถึง	คุณภาพงานวิจัยสูง

เกณฑ์ในการแปลผลการประเมินคุณภาพงานวิจัย

ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าน้อยกว่า 0.80	แปลว่า มีระดับคุณภาพต่ำ
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 0.81 – 1.60	แปลว่า มีระดับคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 1.61 – 2.40	แปลว่า มีระดับคุณภาพปานกลาง
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 2.41 – 3.20	แปลว่า มีระดับคุณภาพดี
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 3.21 – 4.00	แปลว่า มีระดับคุณภาพดีมาก

2.3 นำแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา โดยมีโครงสร้างของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยดังตารางที่ 8 หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยตามคำแนะนำของอาจารย์ปรึกษา และส่งกลับไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกความถูกต้องและความครอบคลุมอีกครั้งก่อนจะนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา

ตารางที่ 8 โครงสร้างของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย

โครงสร้างของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย	ข้อที่	จำนวนข้อ	ร้อยละ
1. ปัญหาวิจัย และวัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-3	3	11.11
2. ที่มาและความสำคัญ	4	1	3.70
3. สมมติฐาน และกรอบในการทำวิจัย	5-9	5	18.51
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10-13	4	14.81
5. วิธีการดำเนินการวิจัย	14-20	7	25.93
6. นำเสนอผลการวิจัย	21-25	5	18.51
7. คุณภาพงานวิจัย	26-27	2	7.41
รวม	27	27	

2.4 นำแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยที่ปรับแก้แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ข้อ คือ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิเคราะห์ทอิกิมาณ 1 ท่าน 2) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิจัยและการวัดประเมินผล 1 ท่าน และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน

2.5 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วนำไปทดลองบันทึกข้อมูลงานวิจัยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 เรื่องเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องในการใช้แบบประเมินคุณภาพงานวิจัย โดยผู้วิจัยจะร่วมบันทึกกับผู้บันทึก 2 ท่าน แล้วนำผลการบันทึกข้อมูลมาคำนวณค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันและตรวจสอบความสอดคล้องในการประเมินโดยใช้สูตรการหาค่าความสอดคล้องในการประเมิน (Agreement Rate: AR) และเกณฑ์ในการแปลค่าความสอดคล้องในการประเมินของ Copper and Hedge (2009) ดังนี้

$$\text{ค่าความสอดคล้องในการประเมิน} = \frac{\text{จำนวนข้อในการประเมินงานวิจัยที่สอดคล้องกัน}}{\text{จำนวนข้อของการประเมินงานวิจัยทั้งหมด}}$$

เกณฑ์ในการแปลผลของค่าความสอดคล้องในการประเมิน

ค่าความสอดคล้องในการประเมินมีค่าน้อยกว่า 0.50 แปลว่า ไม่มีความสอดคล้อง

ค่าความสอดคล้องในการประเมินมีค่าในช่วง 0.50 – 0.64 แปลว่า มีความสอดคล้องปานกลาง

ค่าความสอดคล้องในการประเมินมีค่าในช่วง 0.65 – 0.79 แปลว่า มีความสอดคล้องกันดี

ค่าความสอดคล้องในการประเมินมีค่าในช่วง 0.80 ขึ้นไป แปลว่า มีความสอดคล้องกันดีมาก

ยกตัวอย่างการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ เช่น ด้านการปรับเกณฑ์ในข้อที่ 13 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศมีสัดส่วนที่เหมาะสม จาก 0 หมายถึง ไม่มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ เป็น 0 หมายถึง ไม่มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศ เนื่องจากในการทำงานวิจัยอย่างน้อยต้องม้งานวิจัยที่เป็นภาษาไทยเพื่อใช้ในการอ้างอิงอยู่แล้ว ด้านการปรับเกณฑ์และภาษาในข้อที่ 7 กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยได้อย่างเหมาะสม และมีเหตุผลรองรับ จาก 0 หมายถึง ระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 1 หมายถึง ไม่มีการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยหรือไม่จำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย เป็น 0 หมายถึง ไม่มีการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย 1 หมายถึง ระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.6 พิจารณาค่าความสอดคล้องในการประเมินของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยโดยต้องมีค่าผ่านเกณฑ์การแปลค่าความสอดคล้องในการประเมิน ก่อนจะนำแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยไปใช้จริง

จากการประเมินความสอดคล้องในการประเมินของแบบประเมินคุณภาพงานวิจัยจากผลการประเมินความสอดคล้องตามเกณฑ์ของ Copper and Hedge (2009) พบว่าการประเมินระหว่างผู้วิจัยและผู้ร่วมบัณฑิตก็มีประเด็นสอดคล้องกัน 25 ข้อจากจำนวน 27 ข้อ คำนวนค่าความสอดคล้องในการประเมินได้ 92.6 แสดงว่าความสอดคล้องในการประเมินคุณภาพงานวิจัยของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก โดยการประเมินความสอดคล้องรายข้อนั้นผู้วิจัยพิจารณาจากค่า IOC โดยใช้เกณฑ์ $IOC > 0.5$ จึงถือว่ามีความสอดคล้องกัน แล้วจึงนำมาคำนวณค่าความสอดคล้องต่อไป แสดงได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องในการประเมินจากแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย

ข้อ	ผู้ประเมิน			ค่า IOC	ผลการประเมิน
	ผู้วิจัย	ผู้ร่วมบันทึก 1	ผู้ร่วมบันทึก 2		
1	4	4	4	1	สอดคล้อง
2	4	4	4	1	สอดคล้อง
3	4	4	4	1	สอดคล้อง
4	3	3	3	1	สอดคล้อง
5	4	4	4	1	สอดคล้อง
6	4	4	4	1	สอดคล้อง
7	1	2	1	0.67	สอดคล้อง
8	4	4	4	1	สอดคล้อง
9	4	4	4	1	สอดคล้อง
10	4	4	4	1	สอดคล้อง
11	2	3	3	0.67	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	สอดคล้อง
13	4	4	4	1	สอดคล้อง
14	4	4	4	1	สอดคล้อง
15	3	4	3	0.67	สอดคล้อง
16	4	4	4	1	สอดคล้อง
17	1	1	1	1	สอดคล้อง
18	4	4	3	0.67	สอดคล้อง
19	4	4	4	1	สอดคล้อง
20	2	4	3	0	ไม่สอดคล้อง
21	4	4	4	1	สอดคล้อง
22	4	4	4	1	สอดคล้อง
23	4	4	4	1	สอดคล้อง
24	4	4	4	1	สอดคล้อง
25	1	4	3	0	ไม่สอดคล้อง
26	4	4	4	1	สอดคล้อง
27	4	4	4	1	สอดคล้อง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 สํารวจรายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการสืบค้นทางคอมพิวเตอร์จากประชากรทั้ง 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่จัดทำขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2560

4.2 สํารวจและค้นหาตัวเล่มจริงของวิทยานิพนธ์ และงานวิจัย ตามรายการที่สืบค้นได้จากขั้นตอนที่ 1 แล้วทำการติดต่อตามแหล่งข้อมูลข้างต้น โดยผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมตัวเล่มจริงของวิทยานิพนธ์ใน 2 รูปแบบ คือ ไฟล์ภาพเอกสาร (PDF) และสำเนาตัวเล่มจริง ขึ้นอยู่กับแหล่งข้อมูลตัวเล่มจริงของวิทยานิพนธ์ฉบับนั้น ๆ

4.3 ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และทดลองนำเครื่องมือไปทดลองใช้กับงานวิจัยที่ไม่ใช้กลุ่มทดลองจำนวน 1 เรื่อง เพื่อให้เครื่องมือมีความเป็นปรนัย แล้วนำเครื่องมือการวิจัยที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วส่งต่อให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง ก่อนนำมาใช้จริง

4.4 อ่านงานวิจัยในเบื้องต้น 1 รอบ เพื่อสำรวจเนื้อหาภายในตัวเล่มงานวิจัยนั้นว่ามีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์ในการคัดเลือกงานวิจัยตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้หรือไม่ และมีเนื้อหาสาระครบถ้วนเพียงพอที่จะนำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างหรือไม่

4.5 อ่านงานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยละเอียด เพื่อประเมินคุณภาพงานวิจัยตามแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย และบันทึกข้อมูลจากงานวิจัยลงในแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย

4.6 เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ โดยทำการลงรหัสตัวแปรโดยใช้โปรแกรม Excel 2016 แล้วนำไฟล์ข้อมูล (Import) เข้าสู่โปรแกรม SPSS for Window Version 13

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในระยการวิจัยที่ 1 เป็นการวิเคราะห์งานวิจัยเชิงปริมาณด้วยวิธีการวิเคราะห์ถ้อยความ โดยมีรายละเอียดดังนี้ การวิเคราะห์งานวิจัยเชิงปริมาณด้วยวิธีการวิเคราะห์ถ้อยความ เป็นการนำเสนอผลการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลเพื่อนำเสนอสถิติเชิงบรรยาย ผู้วิจัยวิเคราะห์ประมาณค่าขนาดอิทธิพล (d) ตามแนวคิดของ Glass จากสูตร

$$d = \frac{\bar{y}_E - \bar{y}_C}{S_C}$$

เมื่อ \bar{y}_E แทนค่าเฉลี่ยกลุ่มทดลอง

\bar{y}_C แทนค่าเฉลี่ยกลุ่มควบคุม

S_C แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

การประมาณค่าขนาดอิทธิพลจากสถิติทดสอบที่ ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกรณี คือ กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน และกรณีกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน มีสูตรในการประมาณค่าขนาดอิทธิพล ดังนี้

$$d = t \sqrt{\frac{1}{n_E} + \frac{1}{n_C}} \quad \text{และ} \quad d = t \sqrt{\frac{2}{n(1-r^2_{EC})}}$$

เมื่อ n_E แทนขนาดของกลุ่มทดลอง

n_C แทนขนาดของกลุ่มควบคุม

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

การประมาณค่าขนาดอิทธิพลจากแบบแผนการวิจัยที่ไม่มีกลุ่มควบคุม มีสูตรในการประมาณค่าขนาดอิทธิพลดังนี้

$$d = \frac{\bar{y}_{post} - \bar{y}_{pre}}{S}$$

เมื่อ \bar{y}_{pre} แทนค่าเฉลี่ยแบบวัดก่อนเรียน

\bar{y}_{post} แทนค่าเฉลี่ยแบบวัดหลังเรียน

S แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับแบบแผนตัวอย่างงานการวิจัยที่ไม่มีกลุ่มควบคุมผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าขนาดอิทธิพลของโคเฮน (Cohen, 1967 อ้างถึงใน ศิริระ ศิริจันทร์, 2549) ดังนี้

ค่าขนาดอิทธิพลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 แปลว่า มีอิทธิพลน้อย (small effect)

ค่าขนาดอิทธิพลระหว่าง 0.5 – 0.6 แปลว่า มีอิทธิพลปานกลาง (medium effect)

ค่าขนาดอิทธิพลตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป แปลว่า มีอิทธิพลมาก (large effect)

ส่วนแบบแผนตัวอย่างการวิจัยแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าขนาดอิทธิพลของ Glass McGaw and Smith (1987) แปลผลค่าขนาดอิทธิพลที่คำนวณได้ โดยนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งของ Percentiles ในการเปรียบเทียบค่าระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

ค่าขนาดอิทธิพลน้อยกว่า Percentile ที่ 33.33 แปลว่า มีอิทธิพลน้อย

ค่าขนาดอิทธิพลระหว่าง Percentile ที่ 33.34 – 66.67 แปลว่า มีอิทธิพลปานกลาง

ค่าขนาดอิทธิพลตั้งแต่ Percentile ที่ 66.68 แปลว่า มีอิทธิพลมาก

เมื่อได้ค่าจากการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลและการวิเคราะห์อิทธิพลมาแล้ว ผู้วิจัยจะสรุปภาพรวมที่ได้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณของงานวิจัยที่ส่งเสริมความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ระยะที่ 2 การคัดเลือกและวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์อภิमान และการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์อภิमान

ในระยะการวิจัยที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนที่ได้จากการวิเคราะห์ อภิमानที่ได้จากแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยใน ส่วนที่ 1 โดยพิจารณาในขอบเขตของแนวทางการ จัดการเรียนการสอนทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและ ประเมิน

2. จัดกระทำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัยใน ส่วนที่ 2 เพื่อให้ได้ ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อใช้ในการอธิบายรายละเอียดคุณลักษณะที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ได้ จากขั้นตอนแรก โดยพิจารณาในขอบเขตของแนวทางการจัดการเรียนการสอนทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและประเมิน

3. สรุปรูปข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์อภิमानและการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อเป็นข้อมูลในการ สังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อไป

ระยะที่ 3 การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จากผลการวิเคราะห์ในระยะที่ 2 ที่เป็นการสรุปรูปข้อมูลจากการคัดเลือกคุณลักษณะงานวิจัยที่ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยการวิเคราะห์อภิमानและการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยจะนำ ข้อสรุปดังกล่าวมาเป็นข้อมูลในการสังเคราะห์และนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐานใน 3 องค์ประกอบ คือ 1) กิจกรรมการเรียนการสอน 2) สื่อการสอน และ 3) การวัดและประเมิน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2) เพื่อข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 3) เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และผลการวิเคราะห์คุณภาพของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

ตอนที่ 2 ข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตอนที่ 3 ข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์เนื้อหาของงานวิจัยกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และผลการวิเคราะห์คุณภาพของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

การนำเสนอผลในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยการเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลจำแนกตามคุณลักษณะงานวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) หลังจากการวิเคราะห์พบว่าไม่มีตัวแปรลักษณะงานวิจัยที่ส่งผลให้ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดสรรตัวแปรมา 8 ตัวแปร โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านตามที่ผู้วิจัยกำหนดในคุณลักษณะงานวิจัย คือ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน ด้านคุณภาพงานวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทนี้ตัวแปรต้นต้องเป็นมาตรฐานบัญญัติทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ในด้านคุณภาพงานวิจัยได้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอนและด้านการวัดและประเมินในรูปแบบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพงานวิจัยด้วยการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์มีตัวแปรทั้งหมด 7 ตัว พบว่าไม่มีตัวแปรลักษณะงานวิจัยในด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ที่ส่งผลให้ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวแปรเพื่อเป็นหลักฐานข้อการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากตัวแปรต้นบางตัวในด้านนี้มีเพียงค่าตัวแปรเดียวจึงไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวได้ ดังนั้นผู้วิจัยคัดสรรตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรสถาบันที่ผลิตงานวิจัย ตัวแปรปีที่พิมพ์ และภูมิภาคที่ทำการวิจัย มานำเสนอเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวได้ มีรายละเอียดดังนี้ 1) ตัวแปรสถาบันที่ผลิตงานวิจัยพบว่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยผลิตงานวิจัยมากที่สุดจำนวน 9 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.53 ซึ่งสูงกว่ามหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ผลิตงานวิจัยจำนวน 2 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.17 2) สำหรับตัวแปรปีที่พิมพ์พบว่าการผลิตงานวิจัยมากที่สุดในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 3 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.35 3) เมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่างานวิจัยในปี พ.ศ.2554 มีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ 3.38 สำหรับตัวแปรภูมิภาคที่ทำการวิจัยพบว่าภาคกลางมากที่สุดจำนวน 5 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 1.70 เมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ 3.24 ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัย ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ค่าขนาดอิทธิพล		ANOVA	
		N	Mean	F	p
1. สถาบันที่ผลิตงานวิจัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	9	2.53	.124	.733
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2	2.17		
2. ปีที่พิมพ์	1) พ.ศ.2552	1	2.90	.413	.840
	2) พ.ศ.2553	2	3.32		
	3) พ.ศ.2554	1	3.38		
	4) พ.ศ.2555	1	3.18		
	5) พ.ศ.2557	1	2.35		
	6) พ.ศ.2558	3	1.96		
	7) พ.ศ.2559	2	1.39		
3. ภูมิภาคที่ทำการวิจัย	1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3	3.24	1.271	.356
	2) ภาคกลาง	5	1.69		
	3) ภาคตะวันออก	1	3.18		
	4) ภาคใต้	2	3.01		

2. ด้านการจัดการเรียนการสอนมีตัวแปรทั้งหมด 12 ตัว พบว่าไม่มีตัวแปรลักษณะงานวิจัย ในด้านการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลให้ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวแปรเพื่อเป็นหลักฐานข้อการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากตัวแปรต้นบางตัวในด้านนี้มีเพียงค่าตัวแปรเดียวจึงไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวได้ ดังนั้น ตัวแปรที่ผู้วิจัยคัดสรรมาในการนำเสนอในหัวข้อนี้ คือ ตัวแปรประเภทของนวัตกรรม ตัวแปรวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ และตัวแปรทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้ 1) ตัวแปรประเภทนวัตกรรมที่ใช้มากที่สุด คือ รูปแบบการเรียนการสอน จำนวน 8 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.60 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่าการใช้เทคนิคการเรียนการสอน มีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ 2.90 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลตามเกณฑ์ของ Cohen (1986) แปลความหมายได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ต่าง ๆ จากกลุ่มตัวอย่าง และการจัดเรียนการสอนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้ร่วมล้วนมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 2) ตัวแปรรูปแบบการสืบสอบวิทยาศาสตร์ที่ใช้มากที่สุด คือ การเรียนรู้

วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง จำนวน 5 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ย 2.48 เมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่าการเรียนรู้โดยการสร้างความรู้พื้นฐาน มีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ 3.38 เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลตามเกณฑ์ของ Cohen (1986) แปลความหมายได้ว่าวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลอง และวิธีการสอนโดยการสร้างความรู้พื้นฐานล้วนมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 3) ตัวแปรทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมใช้มากที่สุดเท่ากัน คือ Constructivism และ การผสมผสานกันของ Constructivism และ Social-constructivism จำนวนอย่างละ 4 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 และ 2.51 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่า การใช้ Constructivism, Social-constructivism และ Jean Piaget's cognitive development theory ร่วมกันมีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ 3.14 เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลตามเกณฑ์ของ Cohen (1986) แปลความหมายได้ว่าทั้งสามแบบล้วนมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัยด้านการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ค่าขนาดอิทธิพล		ANOVA	
		N	Mean	F	p
1. ประเภทของนวัตกรรม	1) รูปแบบการเรียนการสอน	8	2.60	.427	.666
	2) กลวิธี	2	1.70		
	3) เทคนิคการเรียนรู้	1	2.90		
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	1) Constructivism	4	2.38	.400	.758
	2) Constructivism และ Social-constructivism	4	2.51		
	3) Constructivism และ ทฤษฎีแบบจำลอง	1	1.29		
	4) Constructivism, Social-constructivism และ Jean Piaget's cognitive development theory	2	3.14		

ตารางที่ 11 (ต่อ)ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะ
วิจัยด้านการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ค่าขนาดอิทธิพล		ANOVA	
		N	Mean	F	p
3. รูปแบบการสืบสอบ วิทยาศาสตร์	1) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง	4	2.48	.186	.965
	2) การเรียนรู้ตามแนวคิดอัลเบิร์ตไอน์สไตน์	1	3.18		
	3) การเรียนรู้อยู่โดยใช้ POE	1	2.14		
	4) การเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้ง	1	1.25		
	5) การเรียนรู้โดยใช้การลดพฤติกรรมการ เพิ่มศักยภาพ	1	2.90		
	6) การเรียนรู้โดยการสร้างความรู้พื้นฐาน	1	3.38		
	7) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองบน คอมพิวเตอร์	1	1.87		
	8) การเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง	1	0.90		

3. ด้านการวัดและการประเมินตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว พบว่าไม่มีตัวแปรลักษณะงานวิจัยในด้านการวัดและการประเมินที่ส่งผลให้ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวแปรเพื่อเป็นหลักฐานข้อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยตัวแปรที่ผู้วิจัยคัดสรรมาในการนำเสนอ คือ ตัวแปรการประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้ตัวแปรการประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ไม่มีการประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 8 เล่ม มีค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าขนาดอิทธิพลเฉลี่ยพบว่า การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าขนาดอิทธิพลสูงสุดเท่ากับ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดค่าอิทธิพลจำแนกตามตัวแปรคุณลักษณะวิจัย
ด้านการวัดและประเมินผล

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ค่าขนาดอิทธิพล		ANOVA	
		N	Mean	F	p
การประเมินการสร้าง คำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	ไม่ประเมิน	7	2.45	.007	.934
	ประเมิน	4	2.52		

4. ด้านคุณภาพงานวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 13 งานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์อภิमानมีคะแนนการประเมินงานวิจัยเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 แสดงว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาสังเคราะห์ส่วนใหญ่มีคุณภาพดี ทั้งนี้คะแนนการประเมินคุณภาพงานวิจัยสูงสุดมีค่า 3.41 คะแนนและต่ำสุดมีค่า 2.08 คะแนนทั้งนี้แสดงว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาสังเคราะห์ส่วนใหญ่มีคุณภาพดี โดยใช้เกณฑ์การประเมินผลคุณภาพงานวิจัยของทศน์ศิริินทร์ สว่างบุญ (2548) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าน้อยกว่า 0.80	แปลว่า มีระดับคุณภาพต่ำ
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 0.81 – 1.60	แปลว่า มีระดับคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 1.61 – 2.40	แปลว่า มีระดับคุณภาพปานกลาง
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 2.41 – 3.20	แปลว่า มีระดับคุณภาพดี
ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินมีค่าระหว่าง 3.21 – 4.00	แปลว่า มีระดับคุณภาพดีมาก

ตารางที่ 13 คุณลักษณะงานวิจัยด้านคุณภาพงานวิจัย

ตัวแปร	N	Min	Max	Mean	S.D.	SK	KU
คะแนนการประเมินคุณภาพงานวิจัย	11	2.08	3.41	2.98	.43	-1.45	1.20

ตอนที่ 2 ข้อเสนอองค์ความรู้จากการวิเคราะห์อภิमानคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

การนำเสนอผลในตอนนี้เป็นการนำเสนอคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดการกระทำข้อมูลจากแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย และนำเสนอในรูปแบบของค่าความถี่และร้อยละสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ และนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ตารางที่ 14 ความถี่และค่าร้อยละของคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความถี่	ร้อยละ
1. รูปแบบการเรียนรู้			
	1) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง	4	36.3
	2) การเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง	1	9.1
	3) การเรียนรู้ตามแนวคิดของอัลเบิร์ตตาเลิร์นนิง	1	9.1
	4) การเรียนรู้โดยใช้กลวิธี POE	1	9.1
	5) การเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการโต้แย้ง	1	9.1
	6) การเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการลดพฤติกรรมเสริม ศักยภาพ	1	9.1
	7) การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน	1	9.1
	8) การเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์	1	9.1
	รวม	11	100
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง			
	1) Constructivism	4	36.4
	2) Constructivism และ Social-constructivism	4	36.4
	3) Constructivism และ ทฤษฎีแบบจำลอง	1	9.1
	4) Constructivism Social-constructivism และ Jean Piaget's cognitive development theory	2	18.2
	รวม	11	100
3. ขั้นตอนการเรียนการสอน			
3.1) ^{ขั้น} สร้าง ความสนใจ	1) ปฏิบัติ	11	100
	รวม	11	100
3.2) ^{ขั้น} สืบ สอบ รายบุคคล	1) ปฏิบัติ	11	11
	รวม	11	100
3.3) ^{ขั้น} แลก เปลี่ยน	1) ปฏิบัติ	10	90.9
	2) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	รวม	11	100
3.4) ^{ขั้น} สรุ ปลผล	1) ปฏิบัติ	10	90.9
	2) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	รวม	11	100

ตารางที่ 14 (ต่อ) ความถี่และค่าร้อยละของคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความถี่	ร้อยละ
3.5) ชั้นประเมินผล	1) ปฏิบัติ	8	72.7
	2) ไม่ปฏิบัติ	3	27.3
	รวม	11	100
3.6) ชั้นขยายความรู้	1) ปฏิบัติ	6	54.5
	2) ไม่ปฏิบัติ	5	45.5
	รวม	11	100
4) พฤติกรรมของครู			
4.1) พฤติกรรมที่ 1 ให้นักเรียนรู้จักการสร้าง แบบจำลองของตนเอง	1) ไม่ปฏิบัติ	5	45.5
	2) ปฏิบัติ	6	54.5
	รวม	11	100
4.2) พฤติกรรมที่ 2 ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิม เพื่อคาดคะเนคำตอบของ ปรากฏการณ์ที่กำหนด	1) ไม่ปฏิบัติ	0	0
	2) ปฏิบัติ	11	100
	รวม	11	100
4.3) พฤติกรรมที่ 3 ให้นักเรียนออกแบบและวาง แผนการตรวจสอบ	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100
4.4) พฤติกรรมที่ 4 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและ ปฏิบัติตามแผนที่ตนเอง ออกแบบ	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100
4.5) พฤติกรรมที่ 5 ให้โอกาสนักเรียนในการ ปรับปรุงคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป	1) ไม่ปฏิบัติ	8	72.7
	2) ปฏิบัติ	3	27.3
	รวม	11	100
4.6) พฤติกรรมที่ 6 ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วย วิธีการทำงานร่วมกัน	1) ไม่ปฏิบัติ	3	27.3
	2) ปฏิบัติ	8	72.7
	รวม	11	100

ตารางที่ 14 (ต่อ)ความถี่และค่าร้อยละของคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความถี่	ร้อยละ
4.7) พฤติกรรมที่ 7 นำห้องเรียนสู่ปรากฏการณ์ โลกด้วยการเชื่อมโยง ปรากฏการณ์กับเนื้อหาที่ เกี่ยวข้อง	1) ไม่ปฏิบัติ	2	18.2
	2) ปฏิบัติ	9	81.8
	รวม	11	100
4.8) พฤติกรรมที่ 8 ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยน ความรู้ซึ่งกันและกัน	1) ไม่ปฏิบัติ	2	18.2
	2) ปฏิบัติ	9	81.8
	รวม	11	100
4.9) พฤติกรรมที่ 9 มีการสนับสนุน กระตุ้น เสริมแรง สร้างแรงบันดาลใจ และให้คำแนะนำแก่นักเรียน	1) ไม่ปฏิบัติ	0	0
	2) ปฏิบัติ	11	100
	รวม	11	100
4.10) พฤติกรรมที่ 10 มุ่งให้นักเรียนสามารถนำ ความรู้สู่การปฏิบัติได้ใน ชีวิตประจำวัน	1) ไม่ปฏิบัติ	6	54.5
	2) ปฏิบัติ	5	45.5
	รวม	11	100
5) พฤติกรรมนักเรียน			
5.1) พฤติกรรมที่ 1 เชื่อมโยงความรู้เดิมที่ เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ กำลังศึกษา	1) ไม่ปฏิบัติ	6	54.5
	1) ปฏิบัติ	5	45.5
	รวม	11	100
5.2) พฤติกรรมที่ 2 ร่วมมือทำกิจกรรมด้วยความ กระตือรือร้น	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100
5.3) พฤติกรรมที่ 3 หาข้อมูล วางแผน และสื่อสาร ภายในกลุ่มและนำเสนอต่อ ชั้นเรียน	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100
5.4) พฤติกรรมที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ รับฟังความเห็นของผู้อื่น	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100
5.5) พฤติกรรมที่ 5 ประเมิน ปรับปรุง และแก้ไข ผลงานของกลุ่ม	1) ไม่ปฏิบัติ	1	9.1
	2) ปฏิบัติ	10	90.9
	รวม	11	100

ตารางที่ 14 (ต่อ)ความถี่และค่าร้อยละของคุณลักษณะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความถี่	ร้อยละ
5.6) พฤติกรรมที่ 6 สร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ของตนเอง	1) ไม่ปฏิบัติ	0	0
	2) ปฏิบัติ	11	100
	รวม	11	100
5.7) พฤติกรรมที่ 7 สร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ของกลุ่ม	1) ไม่ปฏิบัติ	9	81.8
	2) ปฏิบัติ	2	18.2
	รวม	11	100

จากตารางที่ 14 คุณลักษณะงานวิจัยเชิงคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอนพบว่ามีรูปแบบการเรียนการสอนที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง คิดเป็นร้อยละ 45.5 นอกจากนี้ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องมากที่สุดเท่ากัน คือ Constructivism และการผสมผสานกันของ Constructivism และ Social-constructivism คิดเป็นร้อยละ 36.4 เท่ากัน

สำหรับพฤติกรรมครูที่ปรากฏมากที่สุด คือ ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเพื่อคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎี Constructivism ทั้งนี้จากการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่าพฤติกรรมของครูมีทั้งหมด 10 ข้อ ดังนี้ 1) ให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองตนเอง 2) ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเพื่อคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่กำหนด 3) ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการทดสอบ 4) ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลแลปฏิบัติตามแผนที่ออกแบบ 5) ให้นักเรียนมีโอกาสในการปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป 6) ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการทำงานร่วมกัน 7) นำห้องเรียนสู่ปรากฏการณ์โลกด้วยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง 8) ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 9) มีการสนับสนุน กระตุ้น เสริมแรง สร้างแรงบันดาลใจและให้คำแนะนำแก่นักเรียน 10) มุ่งให้นักเรียนสามารถนำความรู้สู่การปฏิบัติได้ในชีวิตประจำวัน

สำหรับพฤติกรรมนักเรียนที่ปรากฏมากที่สุด คือ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์การจัดการเรียนการสอนที่ต้องการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ทั้งนี้จากการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่าพฤติกรรมของนักเรียนที่ปรากฏมีทั้งหมด 7 ข้อ ดังนี้ 1) เชื่อมโยงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2) ร่วมมือทำ

กิจกรรมด้วยความกระตือรือร้น 3) หาข้อมูล วางแผน และสื่อสารภายในกลุ่มและนำเสนอต่อชั้นเรียน
4) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ รับฟังความเห็นของผู้อื่น 5) ประเมิน ปรับปรุง และแก้ไขผลงานของกลุ่ม
6) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง 7) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่ม

2.2 ข้อมูลเชิงปริมาณงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของคุณลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

ตัวแปร	N	Min	Max	Mean	S.D.	SK	KU
1. จำนวนขั้นตอนการเรียนการสอน	11	4	8	5.09	1.30	1.47	1.64
2. จำนวนแผนที่ใช้	11	1	14	8.18	3.52	-0.52	1.04
3. จำนวนคาบเรียนที่ใช้	11	2.4	28.8	19.53	7.70	-1.25	1.39
4. จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ	11	3	7	4.18	1.17	1.42	2.72

จากตารางที่ 15 คุณลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนพบว่า จำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 8 แผน โดยจำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนสูงสุดคือ 14 แผนและน้อยที่สุดคือ 1 แผน ระยะเวลาเฉลี่ยใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าประมาณ 20 คาบ คาบละ 50 นาที โดยใช้จำนวนคาบเรียนมากที่สุด 28.8 คาบและน้อยที่สุด 2.4 คาบ และจำนวนขั้นตอนในการเรียนการสอนเฉลี่ย 5 ขั้นตอน โดยจำนวนขั้นตอนการเรียนการสอนสูงสุด 8 ขั้นตอนและต่ำสุด 4 ขั้นตอน นอกจากนั้นการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะอยู่ในรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยเฉลี่ยจำนวน 4 ข้อ โดยแบบทดสอบอัตนัยมีจำนวนข้อคำถามสูงสุด 7 ข้อและต่ำสุด 3 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะจากการวิเคราะห์เนื้อหาของงานวิจัยกลุ่มตัวอย่าง

การนำเสนอในตอนนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาจากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยทั้งหมด 11 เล่ม จัดการกระทำข้อมูลจากแบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย โดยพิจารณาในขอบเขตของแนวทางการจัดการเรียนการสอนทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและประเมิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์เนื้อหาด้านกระบวนการเรียนการสอน

จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยทั้งหมด 11 เล่ม มีตัวแปรต้น คือ รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ และมีตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละงานวิจัยมีลำดับขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เทคนิคการสอนที่ใช้ร่วม ดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยของจรูญลักษณ์ วรโคตร (2558) และ สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ใช้การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry : MBI) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameter) ขั้นที่ 2 ขั้นการดำเนินกิจกรรม (Teaching) ซึ่งประกอบด้วยด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และต้องการรู้ (Organizing what we know and what we want to know) 2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating testable hypotheses) 3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidences) 4) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยทั้งสองไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูใช้การถามคำถามตลอดทั้งกิจกรรม และเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่มและภายในชั้นเรียน

2. งานวิจัยของจงกล บุญรอด (2558) ใช้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) 2) ขั้นการสังเกต (Observer) 3) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) 4) ขั้นการอธิบาย (Explain) เล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้และไม่ได้นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ในภาคผนวก จึงทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถนำเสนอข้อมูลในส่วนของเทคนิคการสอนของงานวิจัยฉบับนี้ได้

3. งานวิจัยของกรกนก เลิศเดชาภัทร (2559) ใช้การสืบสอบแบบร่วมมือ ร่วมพลัง 5 ขั้นตอน (Collaborative inquiry) โดยเป็นการนำขั้นตอนที่ 1-4 จากรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมพลังของ Change, Sung & Lee และเพิ่มขั้นตอนที่ 5 การขยายความรู้จากวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มาเป็นหนึ่งในขั้นตอนการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง ดังนั้นการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลังนี้มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ 1) การเริ่มต้นตั้งหลักและการวางแผน (Anchoring and planning) 2) การสืบสอบรายบุคคล (Individual inquiry) 3) การสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง (Collaborative inquiry) 4) การสรุปผลลัพธ์ของกลุ่ม (Concluding group's results) 5) การขยายความรู้ (Elaboration) ทั้งนี้เทคนิคที่ถูกใช้ร่วมกับการสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง คือ การใช้คำถาม (Questioning

Techniques) การพูดรอบวง(Round robin) การใช้สิทธิ์ในการอภิปราย(Talking chips) คิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดร่วมกัน(Think-pair-share) การเขียนรอบวง(Round table)

4. งานวิจัยของกฤตกร สภาสันติกุล (2558) ทำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอน (Predict-Observe-Explain Teaching Sequence; POE) ตามแนวคิดของ Haysom & Bowen ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ 1) ชี้นำและสร้างแรงจูงใจ (Orientation and Motivation) 2) ชี้นำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง (Introducing the experiment) 3) ชี้นำทำนาย (Prediction) 4) ชี้นำอภิปรายสิ่งที่ทำนายไว้ (Discussing their prediction) 5) ชี้นำการสังเกต (Observation) 6) ชี้นำอธิบาย (Explanation) 7) ชี้นำให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Providing the Scientific Explanation) 8) ชี้นำติดตามผล (Follow-up) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูใช้การถามคำถามตลอดทั้งกิจกรรม และเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายภายในกลุ่ม และภายในชั้นเรียน

5. งานวิจัยของสันติชัย อนุวรชัย (2555) ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (The Argument-Driven Inquiry Instructional model) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) การระบุภาระงาน (Identification of the Task) 2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and Analysis of Data) 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of Tentative Argument) 4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argument Session) 5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up Investigation Report) 6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Peer Review) 7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the Report) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูใช้การถามคำถามตลอดทั้งกิจกรรม และเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายภายในกลุ่ม และภายในชั้นเรียน

6. งานวิจัยของสุพัตรา จันทร์โฆษิต (2552) ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาท เสริมศักยภาพ (Inquiry-based Learning with Fading Scaffolding Technique) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ชี้นำตั้งคำถาม (Ask) 2) ชี้นำสำรวจค้นหา (Investigate) 3) ชี้นำสร้าง (Create) 4) ชี้นำอภิปราย (Discuss) 5) ชี้นำสะท้อน (Reflect) ซึ่งเทคนิคการลดบทบาท เสริมศักยภาพในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการสืบสอบ 3 รูปแบบ คือ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ โดยในขั้นตอนที่ 1 ใช้การสืบสอบ

แบบมีการแนะนำ ขั้นตอนที่ 2-4 ใช้การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และขั้นตอนที่ 5 ใช้การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่าในช่วงก่อนการดำเนินกิจกรรมครูจะใช้การเน้นการใช้คำถาม ช่วงระหว่างกิจกรรมลักษณะคำถามของครูจะเป็นคำถามปลายเปิดและให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ อภิปรายต่อกันเอง และสนับสนุนให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมเป็นการลดบทบาทของตนเองลง ช่วงสรุปครูจะเป็นเพียงผู้ดำเนินรายการและผู้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล กล่าวได้ว่าเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (Fading scaffolding technique) มีเป้าหมายเพื่อลดบทบาทของครูในขณะเดียวกันก็เพิ่มบทบาทของนักเรียน จากครูมีบทบาทมากจนกระทั่งมีน้อยหรือแทบไม่มีและจากนักเรียนที่มีบทบาทน้อยจนกระทั่งมีบทบาทมากที่สุด

7. งานวิจัยของสุรรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) ใช้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ Schwarz and Gwekwerere (2006) พัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Model) 3) ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) 4) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูใช้การถามคำถามตลอดทั้งกิจกรรม และเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายภายในกลุ่ม และภายในชั้นเรียน

8. งานวิจัยของอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง (2554) ใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (Common Knowledge Construction Model) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing) 2) ขั้นสร้างความรู้และการเจรจาข้อสรุป (Constructing and Negotiating) 3) ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating) 4) ขั้นสะท้อนความคิดและการประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูมีบทบาทในการเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นต้องตั้งคำถามในแต่ละขั้นตอนด้วยตนเอง และร่วมอภิปรายพร้อมกับครูและเพื่อนในชั้นเรียน

9. งานวิจัยของวิริยา ตาสี (2559) ใช้ปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (Incorporating Guided Inquiry-Based Laboratory and Computer Simulation) ประกอบด้วย 3 ช่วงหลัก คือ ช่วงที่ 1 ก่อนปฏิบัติการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 2

ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหาหรือคำถามที่ใช้สำหรับการสืบเสาะหาความรู้ (Guided Inquiry Question) ขั้นกำหนดข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Background/Information) ช่วงที่ 2 ปฏิบัติการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทดลองในการสืบเสาะโดยใช้การทดลอง ขั้นตอนการทดลองในการสืบเสาะโดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ ช่วงที่ 3 หลักปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล/ข้อมูล (Data and Result Analysis) ขั้นตอนการนำเสนอผล (Result Communication) ขั้นตอนการสรุปผลการทดลอง (Conclusion)) ถึงแม้ว่าตัวเล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้แต่เมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรากฏในภาคผนวก พบว่า ครูใช้การถามคำถามตลอดทั้งกิจกรรม

10. งานวิจัยของพจีลักษณ์ ขวัญใจ (2555) ใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง (Inquiry-Based Learning based on Alberta Learning) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ ขั้นการวางแผน (Planning Phase) ขั้นการทบทวน (Retrieving Phase) ขั้นกระบวนการ (Processing Phase) ขั้นสร้าง (Creating Phase) ขั้นการแลกเปลี่ยน (Sharing Phase) ขั้นการประเมินผล (Evaluating Phase) ขั้นการสะท้อนกระบวนการ (Reflecting on the Process) เล่มงานวิจัยไม่ได้ระบุถึงเทคนิคการสอนที่ใช้และไม่ได้นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ในภาคผนวก จึงทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถนำเสนอข้อมูลในส่วนของเทคนิคการสอนของงานวิจัยฉบับนี้ได้

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนข้างต้น ถึงแม้ว่าจะมีชื่อเรียกแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน หากพิจารณาถึงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนแล้วส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกับการเรียนรู้สืบสอบทั่วไป ซึ่งผู้วิจัยจะใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตามยังมีลักษณะที่แตกต่างกันบางประการ ได้แก่ ขั้นการสะท้อนกระบวนการของการสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่เน้นการสะท้อนกระบวนการและการรู้คิด โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนได้ทบทวนเกี่ยวกับความเหมาะสมของขั้นตอนและวิธีการที่ใช้การปฏิบัติงานเพื่อตัดสินใจเลือกและปรับปรุงวิธีการให้มีความถูกต้องเหมาะสม

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาด้านสื่อการสอน

ตารางที่ 16 ความถี่และร้อยละด้านสื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้อัตนศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย 11 เล่ม

ประเภทของสื่อ	ความถี่	ร้อยละ
1) สื่อสิ่งพิมพ์		
• ใบกิจกรรม	8	53
• ใบความรู้	4	27
• หนังสือ/คู่มือ	3	20
รวม	15	100
2) สื่อวัสดุอุปกรณ์		
• ของจริง	8	47
• รูปภาพ/แผนภาพ	8	47
• แผนภูมิ	1	6
รวม	17	100
3) สื่อโสตทัศนอุปกรณ์		
• ภาพเล็อนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4	44
• อนิเมชัน	3	33
• วีดีโอ	1	11.5
• สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์	1	11.5
รวม	9	100
4) สื่อกิจกรรม		
• การจัดนิทรรศการ	5	100
รวม	5	100
5) สื่อบริบท		
• ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ	11	100
รวม	11	100

หมายเหตุ ทั้งนี้งานวิจัยแต่ละเล่มใช้สื่อการสอนมากกว่า 1 ชนิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าความถี่และร้อยละเปรียบเทียบกับค่าความถี่รวมของแต่ละประเภทของสื่อ

จากตารางที่ 16 อธิบายได้ดังนี้ สื่อสิ่งพิมพ์ที่ใช้มากที่สุด คือ ใบกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 53 รองลงมา คือ ใบความรู้ และ หนังสือ/คู่มือ ร้อยละ 27 และ 20 ตามลำดับ สื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มากที่สุดเท่ากัน คือ ของจริงและรูปภาพ/แผนภาพ อย่างละร้อยละ 47 รองลงมา คือ แผนภูมิ คิดเป็นร้อยละ 6 สื่อกิจกรรมที่ใช้มากที่สุด คือ การจัดนิทรรศการ คิดเป็นร้อยละ 100 และสื่อโสตทัศนูปกรณ์ที่ใช้มากที่สุด คือ ภาพเล็นอนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมา คือ อนิเมชั่น วีดีโอ สถานะการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 33, 11.5 และ 11.5 ตามลำดับ

3.3 การวิเคราะห์เนื้อหาด้านการวัดและประเมิน

จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยทั้งหมด 11 เล่ม ในการวัดและประเมินจะอยู่ในรูปแบบของแบบทดสอบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (Achievement Test) ในประเภทแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง โดยมีลักษณะเป็นแบบสอบอัตนัยในการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของแบบสอบอัตนัยจะประกอบด้วยสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมกับระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นหรือผลของการทดลองทั้งนี้การวัดและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล

จากตารางที่ 17 สรุปได้ว่าลักษณะของเขียนคำตอบของแบบทดสอบที่ใช้สูงที่สุด คือ การเขียนคำตอบแบบรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 45 รองลงมา คือ การเขียนคำตอบแบบแยกองค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 36 โดยการเขียนคำตอบแบบรวมทั้ง 3 องค์ประกอบมีลักษณะคือข้อความที่กำหนดสถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะต้องตอบคำถามนั้นเป็นความเรียงที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งสามข้างต้น ส่วนการเขียนคำตอบแบบแยกแต่ละองค์ประกอบมีลักษณะคือข้อความที่กำหนดสถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนต้องตอบคำถามโดยระบุว่าในแต่ละองค์ประกอบนั้นเป็นอย่างไร การระบุเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบรายข้อพบว่าการระบุเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบรายข้อสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 60 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบแล้วพบว่าเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบจัดทำเฉพาะเจาะจงเป็นรายข้อซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล โดยการนำเสนอเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยจะนำเสนอในลำดับต่อไป ทั้งนี้การใช้แบบสอบอื่น ๆ นอกจากแบบทดสอบอัตนัย พบว่า การใช้แบบทดสอบอัตนัยเพียงอย่างเดียวมีการใช้สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 63 รองลงมา คือ การใช้แบบสังเกตร่วมกับแบบสอบอัตนัย คิดเป็นร้อยละ 37 ทั้งนี้

แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบอัตนัยมีการใช้สูงสุดในช่วงหลังการทำกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 85 รองลงมาคือใช้ในช่วงก่อนทำกิจกรรมคิดเป็นร้อยละ 15 อย่างไรก็ตามเมื่อสืบค้นเพิ่มเติมพบว่าแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน โดยเป็นการทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ครูจัดขึ้น รวมถึงเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ส่วนแบบสังเกตที่ปรากฏในกลุ่มงานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งงานวิจัยทั้งหมดใช้แบบสังเกตในช่วงระหว่างทำกิจกรรมสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 100 โดยแบบสังเกตที่ถูกนำมาใช้ร่วมกับแบบทดสอบอัตนัยนี้ครูจะเป็นผู้ประเมินให้แก่นักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งครูจะสังเกตจากพฤติกรรมที่ปรากฏในชั้นเรียนจาก 7 พฤติกรรม คือ 1) การวิเคราะห์คำถาม 2) การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ 3) การออกแบบแบบบันทึกการสำรวจตรวจสอบ 4) การเก็บรวบรวมข้อมูล 5) การระบุข้อสรุป 6) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 7) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล ซึ่งเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้ว พฤติกรรมที่ 1 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง พฤติกรรมที่ 2-6 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 2 หลักฐานเชิงประจักษ์ และ พฤติกรรมที่ 7 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล

ตารางที่ 17 ความถี่และร้อยละด้านการวัดและประเมินของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย 11 เล่ม

ลักษณะการวัดและประเมิน	ความถี่	ร้อยละ
1) ลักษณะการเขียนคำตอบของแบบทดสอบ		
● การเขียนคำตอบแบบแยกแต่ละองค์ประกอบ	4	36
● การเขียนคำตอบแบบรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ	5	45
● ไม่ระบุ	2	19
รวม	11	100
2) ระบุเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบแต่ละข้อ		
● ระบุ	6	60
● ไม่ระบุ	4	40
รวม	10	100
3) แบบสอบอื่น ๆ นอกจากแบบสอบอัตนัย		
● ใช้แบบสังเกตร่วมกับแบบสอบอัตนัย	4	37
● ใช้แบบสอบอัตนัยเพียงอย่างเดียว	7	63
รวม	11	100
4) ระยะเวลาของการใช้แบบทดสอบอัตนัย		
● ก่อนทำกิจกรรม	2	15
● ระหว่างทำกิจกรรม	0	0
● หลังทำกิจกรรม	11	85
รวม	13	100
4) ระยะเวลาของการใช้แบบสังเกต		
● ก่อนทำกิจกรรม	0	0
● ระหว่างทำกิจกรรม	4	100
● หลังทำกิจกรรม	0	0
รวม	4	100

หมายเหตุ

1. งานวิจัยบางเล่มใช้แบบทดสอบที่มีลักษณะของการเขียนคำตอบมากกว่า 1 ชนิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าความถี่และร้อยละเปรียบเทียบกับค่าความถี่รวมของลักษณะการเขียนคำตอบ

2. งานวิจัยบางเล่มมีระยะของการใช้แบบทดสอบอัตนัยมากกว่า 1 ระยะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าความถี่และร้อยละเปรียบเทียบกับค่าความถี่รวมของระยะของการใช้แบบทดสอบอัตนัย

3. งานวิจัยบางเล่มมีการใช้แบบสังเกตร่วมกับแบบทดสอบอัตนัย ผู้วิจัยทำการบันทึกการใช้แบบสังเกตและแบบทดสอบอัตนัยแยกกันเพื่อให้เห็นระยะการใช้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นการนำเสนอระยะการใช้ของแบบสังเกต ผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าความถี่และร้อยละเปรียบเทียบกับค่าความถี่รวมของระยะการใช้แบบสังเกตเท่านั้น

จากข้อมูลข้างต้น การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ถึงแม้ว่าบางเล่มงานวิจัยไม่ได้แสดงเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รายชื่อแต่เมื่อสืบค้นเพิ่มเติมในเนื้อหาบทที่ 3 จะปรากฏขั้นตอนของการสร้างเกณฑ์การประเมินที่ระบุถึงองค์ประกอบทั้งสามข้างต้น สะท้อนได้ว่างานวิจัยแต่ละเล่มจะมีการสร้างเกณฑ์ให้คะแนน (Scoring Rubric) ที่มีความจำเพาะของแต่ละเนื้อหารายวิชาและข้อคำถาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทุกเล่มงานวิจัยที่ล้วนยึดถือตามองค์ประกอบของการประเมินข้างต้น รวมถึงนิยามเชิงปฏิบัติการ พฤติกรรมบ่งชี้ และเกณฑ์การให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย สามารถสรุปรายละเอียดของนิยามเชิงปฏิบัติการ พฤติกรรมบ่งชี้ และเกณฑ์การให้คะแนนแสดงในตารางที่ 18 และ 19

ตารางที่ 18 นิยามและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ข้อกล่าวอ้าง	ลงข้อสรุปเบื้องต้นของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนข้อสรุปเบื้องต้นได้ถูกต้องและครบถ้วน
2. หลักฐาน	หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มาจากการทดลอง การสังเกต การศึกษาค้นคว้า การทดลอง เป็นต้น	ระบุหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องเหมาะสม ครบถ้วน
3. การให้เหตุผล	การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	การระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปถูกต้อง

ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนทั่วไปของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
1. ข้อกล่าวอ้าง หมายถึง คำตอบของคำถาม หรือ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้าง หรือ สร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์
2. หลักฐาน หมายถึง หลักฐานข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ที่สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูล ต้องมีความถูกต้อง เหมาะสมและเพียงพอต่อ การสนับสนุนข้อกล่าว อ้าง	ไม่แสดงหลักฐาน สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือการใช้หลักฐานที่ไม่ เหมาะสมต่อการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานในการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ อย่างเหมาะสม แต่ยังไม่ เพียงพอ หรืออาจใช้ หลักฐานบางอย่างที่ไม่ เหมาะสม	ใช้หลักฐานในการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ อย่างถูกต้องเหมาะสม และเพียงพอต่อการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การใช้เหตุผล หมายถึง การแสดงความเชื่อมโยง ระหว่างข้อกล่าวอ้างและ หลักฐาน ซึ่งแสดงว่า เพราะเหตุใดจึงใช้ หลักฐานนั้นที่มีความ เหมาะสมและเพียงพอใน การสนับสนุนข้อกล่าว อ้าง	ไม่มีการใช้เหตุผลหรือ เหตุผลที่ใช้ไม่แสดงความ เชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง	มีการให้เหตุผลแสดงการ เชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง โดยอาจ มีการอ้างอิงหลักการทาง วิทยาศาสตร์แต่ไม่ เพียงพอ	มีการให้เหตุผลถูกต้อง และสมบูรณ์ แสดงการ เชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง โดยมี การอ้างอิงหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เหมาะสมและเพียงพอ

ตอนที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

การนำเสนอในตอนนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณรวมกับการวิเคราะห์เนื้อหา
ของงานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 เล่มเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนสอน
วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ
การศึกษาขั้นพื้นฐานต่อไป ในขอบเขตขององค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอน 3 องค์ประกอบ
คือ 1) กิจกรรมการเรียนการสอน 2) สื่อการสอน และ 3) การวัดและประเมิน โดยมีรายละเอียด
ดังต่อไปนี้

1. กิจกรรมการเรียนการสอน

จากงานวิจัยทั้งหมดที่นำมาสังเคราะห์ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนจะถูกกำหนด คัดเลือก
และออกแบบโดยครู/ผู้สอน ที่คำนึงถึงความเหมาะสมแก่ผู้เรียนและสามารถเป็นเครื่องมือ นำพาให้
นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอใน 3 ส่วน คือ รูปแบบการเรียน
การสอน วิธีสอน และเทคนิคที่ใช้

1.1 รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

การวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของรูปแบบการเรียนการสอนพบว่างานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์
ทั้งหมดนั้นอยู่ในรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ โดยมีทั้งกระบวนการทาง
สติปัญญา คือ กระบวนการสืบสอบ ประกอบกับกระบวนการทางสังคม คือ กระบวนการทำงาน
ร่วมกัน กระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (ทิสนา แคมมณี, 2551) ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าไม่ว่าจะเป็น
วิธีการสอนใดของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์ล้วนมีเป้าหมายเดียวกันคือนักเรียนสามารถสร้าง
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้ สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมมาเป็นพื้นฐานของการความรู้
ใหม่ได้ และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างไปได้ จะเห็นได้ว่าการ
ตั้งเป้าหมายเช่นนี้นั้นจะอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี Constructivism ที่ผู้เรียนจะเกิดความขัดแย้งทาง
ความคิดและพยายามทำความเข้าใจต่อสิ่งนั้น ๆ ประกอบกับกระบวนการสังคมที่นักเรียนต้องทำงาน
ร่วมกัน ซึ่งอาจจะมีความคิดที่แตกต่างกันทำให้การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การพยายามค้นคว้าเพื่อให้ได้
ข้อสรุปที่เป็นที่พอใจของตนเองและกลุ่ม ดังนั้นกระบวนการทางสังคมนี้ผู้วิจัยเห็นว่าอยู่บนพื้นฐาน
ของทฤษฎี Social-Constructivism แต่เป็นเครื่องมือช่วยในการบรรลุเป้าหมายของรูปแบบการเรียน
การสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ ซึ่งผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการ

เรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะของผู้เรียนที่เป็นที่นิยมมากที่สุดและมีค่าขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับมาก คือ รูปแบบการจัดเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการสอนอื่น ๆ อีกทั้งมีผลการวิจัยยืนยันว่ามีค่าขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับมากเช่นเดียวกัน เช่น การสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง วิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอน รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบิร์ตตาเลิร์นนิ่ง

1.2 วิธีสอน

การวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของวิธีการสอนพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนของงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์นั้นล้วนส่งอิทธิพลต่อการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (ตารางที่ 12) ทั้งนี้ถึงแม้ว่างานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์มีชื่อในแต่ละขั้นตอนของวิธีการสอนที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถสรุปถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้ 5 กิจกรรม คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยครู การทำกิจกรรม การสรุปข้อความรู้ การนำองค์ความรู้ใหม่ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ การเปรียบเทียบผลงานของตนเองกับเพื่อนในชั้นเรียนตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมทั้ง 5 ที่กล่าวมานั้นมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้อย่างสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนมาเป็นการสรุปขั้นตอนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาทั้ง 11 เล่ม อันประกอบด้วยขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยกลุ่มตัวอย่างกับขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	ขั้นตอนการเรียนรู้ จากการวิเคราะห์เนื้อหาของกลุ่มตัวอย่าง
1. ขั้นสร้างความสนใจ	เป็นขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งกับความรู้เดิมจนทำให้เกิดความพยายามในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งกระตุ้น โดยสิ่งกระตุ้นนั้นอาจอยู่ในรูปแบบของแผนภาพ ภาพถ่าย สถานการณ์สมมุติ การตั้งคำถามเพื่อให้เกิดข้อสงสัยหรือประเด็นปัญหา โดยสิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเรานั้นจะต้องเกี่ยวข้องกับเรื่องครูกำหนด และมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนด้วย ทั้งนี้ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการเบื้องต้นของนักเรียนเป็นรายบุคคล
2. ขั้นสำรวจค้นหา	เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำการค้นคว้า ทดลองด้วยตนเอง ในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งเป็น 2 ระยะเวลาคือ 1)ระยะการสืบสอบรายบุคคล 2)ระยะการสืบสอบของกลุ่ม กล่าวคือนักเรียนแต่ละคนต้องมีโอกาสในการทบทวนและแก้ไขแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการของนักเรียนในขั้นตอนที่ 1 ก่อนที่จะนำแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการนั้นไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง แล้วนำไปอภิปรายภายในกลุ่ม
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีข้อมูลเพียงพอแล้วในการวิเคราะห์ แปรผล และลงข้อสรุปของกลุ่ม นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รายกลุ่มพร้อมกับการเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นต่อชั้นเรียน ในขณะเดียวกันนักเรียนก็สามารถแก้ไขและพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองด้วย โดยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์ และการให้เหตุผล

ตารางที่ 20 (ต่อ)เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยกลุ่มตัวอย่างกับขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	ขั้นตอนการเรียนรู้จากการวิเคราะห์เนื้อหาของกลุ่มตัวอย่าง
4. ขั้นขยายความรู้	เป็นขั้นตอนที่ครูจัดสถานการณ์ใหม่ หรือตั้งประเด็นให้นักเรียนได้ร่วมกันอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งในขั้นนี้พบว่าครูมักจะจัดนิทรรศการในชั้นเรียน โดยการแสดงผลงานของนักเรียนทุกกลุ่ม แล้วให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมจากผลงานของกลุ่มอื่น รวมทั้งการซักถามให้นักเรียนมีความชัดเจนต่อการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่
5. ขั้นประเมินผล	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบความถูกต้องจุดเด่น และจุดที่ควรปรับปรุงของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของกลุ่ม

นอกจากนั้นจากผลการวิเคราะห์ตารางที่ 12 และ ตารางที่ 15 พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีความนิยมสูงสุดและมีขนาดอิทธิพลที่ส่งผลต่อการส่งเสริมความสามารถทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก การวิเคราะห์เนื้อหาพบว่ามีการสอนโดยใช้แบบจำลองอยู่ 3 วิธี ผู้วิจัยนำเสนอ ดังนี้

1. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry : MBI) ตามแนวคิดของ Windschitl et al. (2008) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameter) ขั้นที่ 2 ขั้นการดำเนินกิจกรรม (Teaching) ซึ่งประกอบด้วยด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และต้องการรู้ (Organizing what we know and what we want to know) 2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating testable hypotheses) 3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidences) 4) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument)

2. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) 2) ขั้นการสังเกต (Observer) 3) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) 4) ขั้นการอธิบาย (Explain)

3. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ Schwarz and Gwekwerere (2006) พัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Model) 3) ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) 4) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)

เมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองทั้ง 3 วิธีกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ แสดงได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบสอบแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE	การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry)
			<p>ขั้นที่ 1 การจัดเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameter)</p> <p>เป็นขั้นของการจัดเตรียมความพร้อมทางด้านต่าง ๆ โดยครู ทั้งการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ต้องการจะศึกษา ซึ่งควรเป็นประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของความสนใจของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน</p>
<p>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน</p> <p>เป็นขั้นการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือเกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการจะศึกษา</p>	<p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นการจัดกิจกรรมที่กระตุ้น ยั่วยุ ให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้ อยากรู้อยากเห็น แล้วเกิดเป็นประเด็นที่ต้องการจะศึกษา หรือเพื่อการระบุปัญหา</p>	<p>ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของตนเองกับเพื่อสมาชิก ผ่านการกระตุ้นความสนใจและการส่งเสริมโดยครู</p>	

ตารางที่ 21 (ต่อ)เปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบสอบแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE	การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry)
<p>ขั้นกิจกรรม</p> <p>เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติการศึกษา โดยครูคอยชี้ประเด็นเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ชี้นำ ครูเป็นผู้นำการอภิปรายโดยการกำหนดปัญหา 2. ขั้นปฏิบัติการศึกษา <ol style="list-style-type: none"> 2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการศึกษา ครูและนักเรียนร่วมกันคาดคะเนคำตอบ ครูแนะนำและทบทวนหน้าที่ของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา รวมถึงข้อควรระวัง 2.2 ขั้นปฏิบัติการศึกษา นักเรียนทำการศึกษา สืบสอบ ตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล และบันทึกผลการศึกษา 2.3 ขั้นอภิปรายหลังการศึกษา นักเรียนนำเสนอข้อมูลและผลการศึกษา 	<p>ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นขั้นการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ โดยการวางแผน การสำรวจตรวจสอบ และการลงมือปฏิบัติ</p>	<p>ขั้นการสังเกต (Observer)</p> <p>เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการตรวจสอบ ปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ ชี้แนะแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ทั้งนี้ นักเรียนจะเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดประเด็นในการนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองกับเพื่อสมาชิกในกลุ่ม</p>	<p>ขั้นที่ 2 การดำเนินกิจกรรม (Teaching)</p> <p>ประกอบด้วย 4 กิจกรรมย่อย ดังนี้</p> <p>1. การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ และสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ (Organizing what we now know and what we want to know)</p> <p>หลักการที่ครูควรคำนึงถึงมี 2 ประการ คือ 1) การสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลอง ควบคุมจากความน่าสนใจของปรากฏการณ์ โดยครูต้องจัดเตรียมแหล่งความรู้ เพื่อให้ นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Tentative model) ภายใต้ขอบเขตที่ต้องการศึกษาได้ 2) แบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นควรมีร่องรอยที่แสดงถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้าง เพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์เป้าหมายได้ (Target phenomena)</p>

ตารางที่ 21 (ต่อ)เปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบสอบแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE	การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry)
			<p>2. การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating hypotheses) นักเรียนใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นในการเชื่อมต่อกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ของกิจกรรมที่ใช้ในการตรวจสอบ</p> <p>3. การค้นหาหลักฐาน (seeking evidence) นักเรียนต้องใช้ข้อมูลเพื่อดำเนินการตรวจสอบแบบจำลองเบื้องต้น แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้จากการลงมือสำรวจตรวจสอบมาเป็นข้อมูลในการระบุซึ่งรูปแบบ/ความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะกลายเป็นหลักฐาน (evidence) ก็ต่อเมื่อข้อมูลถูกนำไปใช้เพื่อสนับสนุนคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง</p>
<p>ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้ความรู้ที่สำคัญของบทเรียน</p>	<p>ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำเพื่อสื่อความหมาย</p>	<p>ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และนำไปใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น</p>	

ตารางที่ 21 (ต่อ)เปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบแบบปกติ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบสอบแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE	การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry)
		<p>ชั้นการอธิบาย (Explain) เป็นขั้นการใช้แบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ที่มีการระบุถึงการลงข้อสรุป การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล</p>	<p>4. การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument) ในกิจกรรมนี้ นักเรียนจะต้องสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุและผล (Casual argument) เพื่อยืนยันรูปแบบของข้อมูลและใช้สนับสนุนหรือโต้แย้งเกี่ยวกับการอธิบายและสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้น ทั้งนี้การสร้างข้อโต้แย้งควรมีลักษณะ 4 ประการ คือ 1) ข้อโต้แย้งต้องสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจได้ 2) ข้อโต้แย้งต้องเกิดจากการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย 3) ข้อโต้แย้งต้องสามารถรองรับคำอธิบายอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ที่เหมาะสมกับข้อมูล 4) ข้อโต้แย้งต้องสามารถอธิบายได้ว่าจากหลักฐานแล้วแบบจำลองเบื้องต้นมีการปรับให้สอดคล้องเพื่ออธิบายให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ได้อย่างไร</p>
	<p>ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม</p>		

จากตารางที่ 21 พบว่าการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีขั้นตอนการเตรียมพารามิเตอร์ที่ให้ความสำคัญต่อการเตรียมความพร้อมของบทเรียนของครู โดยระบุเป็นขั้นหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน โดยครูต้องการจัดเตรียมความพร้อมทางด้านต่าง ๆ เช่น การกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ต้องการจะศึกษาซึ่งควรเป็นประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของความสนใจของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน การจัดการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอน แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีได้ระบุงถึงการจัดการเตรียมความพร้อมของบทเรียนของครู นอกจากนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีขั้นตอนหนึ่งที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และ การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) คือ ขั้นตอนการประยุกต์ความรู้ อย่างไรก็ตามการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) ต่างก็มีการจัดกิจกรรมที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้เพื่อหาข้อสรุป การแก้ปัญหา หรือได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่จะใช้ในการสร้าง/สนับสนุน/หากล้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอการเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งสามรูปแบบ ดังนี้

ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนจะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีการจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้จนเกิดเป็นประเด็นที่ต้องการจะศึกษา ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และ การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) จะมีการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลอง คาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์และนำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลองนั้นต่อเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งลักษณะของความรู้เดิมนั้นอาจจะอยู่ในรูปแบบที่สนับสนุนบทเรียนที่กำลังศึกษา หรือขั้นแย้งต่อบทเรียนที่กำลังศึกษาก็ได้ ทั้งนี้ขั้นตอนนี้ของการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) จะปรากฏอยู่ในขั้นตอนกิจกรรมในข้อย่อยที่ 1

ในขั้นกิจกรรมจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีจำนวนขั้นตอนในการเรียนการสอนและชื่อเรียกในแต่ละขั้นตอนที่ต่างกัันแต่การจัดกิจกรรมขั้นตอนเหล่านั้นล้วนแต่มีการวางขั้นตอนอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กล่าวได้ว่าในขั้นกิจกรรมใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ หรือใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จำแนกวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้แตกต่างกัน

เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวิธีข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสังเกต ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นสรุปผล โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นสังเกตเพื่อระบุปัญหาเป็นขั้นตอนในการในการระบุปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสิ่งที่ต้องการจะศึกษา พร้อมทั้งกำหนดขอบเขตของปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐานเป็นขั้นตอนของการคิดคำตอบที่คาดหวังว่าควรจะเป็นหรือการคาดคะเนคำตอบที่คาดว่าจะได้รับโดยอยู่บนพื้นฐานของพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม
3. ขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง การสืบค้นข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ การทำการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างว่าถูกต้องหรือไม่ โดยใช้หลักฐานในการยืนยัน
4. ขั้นสรุปผลเป็นขั้นตอนของการสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างนั้นตามหลักเหตุผล การให้เหตุผลโดยหลักฐานประกอบเพื่อให้ได้ข้อสรุปของปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสิ่งที่ต้องการจะศึกษา

ในขั้นสรุปจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) จะมีลักษณะกิจกรรมให้นักเรียนได้การสร้าง พัฒนาหรือปรับปรุงแบบจำลองเพื่อใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยต้องมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสรุปแบบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA จะมีขั้นตอนหนึ่งที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) คือ ขั้นตอนการประยุกต์ความรู้ โดยการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ขั้นประยุกต์ความรู้จะเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยขั้นตอนการประยุกต์ความรู้นี้เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ใหม่ที่เพิ่งได้รับมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม

1.3 เทคนิคที่ใช้

การวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของเทคนิคที่ใช้ประกอบกับกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าเทคนิคการใช้คำถาม(Questioning Techniques) เป็นเทคนิคที่ปรากฏสูงสุด โดยเทคนิคการใช้คำถามนี้จะเป็นการถามคำถามโดยครู ซึ่งจะพบคำถามใน 2 ระดับ คือ 1) คำถามระดับพื้นฐานที่ใช้ในการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งจะปรากฏมากในช่วงก่อนการเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอน 2) คำถามระดับสูงที่ใช้ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบ วิเคราะห์และสรุปผลจะปรากฏในช่วงการดำเนินกิจกรรม สำหรับคำถามในระดับเปรียบเทียบจะปรากฏในช่วงหลังการดำเนินกิจกรรมและคำถามระดับประยุกต์ความรู้ที่เรียนร้นำมาใช้ในสถานการณ์ใหม่จะปรากฏในขั้นของการขยายความรู้

สำหรับเทคนิคการพูดรอบวง(Round robin) การใช้สิทธิ์ในการอภิปราย(Talking chips) คิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดร่วมกัน(Think-pair-share) การเขียนรอบวง(Round table) จะเป็นเทคนิคเหล่านี้ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมกิจกรรม โดยจะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำด้วยตนเอง

สำหรับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศัภยภาพ (Fading scaffolding technique) มีลักษณะของการใช้รูปแบบของการสืบสอบใน 3 ประเภท คือ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ (Guided inquiry) การสืบสอบแบบมีการแนะนำร่วม(Less-guided inquiry) และการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ(Unguided inquiry) เพื่อลดบทบาทของครูในขณะที่เดียวกันก็เพิ่มบทบาทของนักเรียน จากครูมีบทบาทมากจนกระทั่งมีน้อยหรือแทบไม่มีและจากนักเรียนที่มีบทบาทน้อยจนกระทั่งมีบทบาทมากที่สุด

2. สื่อการสอน

การวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของสื่อการสอน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การจำแนกประเภทสื่อการสอนของทิสนา แคมมณี (2548) ที่แบ่งออก 5 ประเภท คือ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวัสดุอุปกรณ์ สื่อกิจกรรม และสื่อบริบท ทั้งนี้สื่อบริบท เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด ฯลฯ ถือเป็นสื่อพื้นฐานและงานวิจัยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดล้วนแต่ใช้สื่อบริบททั้งสิ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาในประเภทของสื่อที่เหลือพบว่าสื่อของการสอนที่ใช้สูงที่สุดเท่ากัน 2 ประเภท คือ สื่อวัสดุอุปกรณ์และสื่อสิ่งพิมพ์ รองลงมาคือสื่อกิจกรรมและสื่อไอศตัทศนุอุปกรณ์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 สื่อการสอนที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาเรียงลำดับจากการใช้สูงสุดถึงน้อยสุด

ลำดับ	ประเภทสื่อ	ตัวอย่างสื่อที่ใช้ในกลุ่มตัวอย่างวิจัย
1	สื่อวัสดุอุปกรณ์	ของจริง* รูปภาพ* แผนภาพ แผนภูมิ
2	สิ่งพิมพ์	ใบกิจกรรม* ใบความรู้ หนังสือเรียน
3	สื่อกิจกรรม	การจัดนิทรรศการ*
4	สื่อไอศทุ์ศนูอุปกรณ์	ภาพเลื้อนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน* อนิเมชัน วีดีโอ

หมายเหตุ

1. สื่อบริบทไม่ถูกนำมาจัดเรียงเนื่องจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเกิดขึ้นในห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการ
2. * หมายถึง ปรากฏมากที่สุดในแต่ละประเภทของสื่อการสอน

3. การวัดและประเมิน

การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล โดยการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถใช้แบบสอบัตันัย 2 ลักษณะ คือ 1) การเขียนคำตอบรวมทั้ง 3 องค์ประกอบกล่าวคือเป็นข้อคำถามกำหนดสถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะต้องตอบคำถามนั้นเป็นความเรียงที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งสามข้างต้น 2) การเขียนคำตอบแบบแยกแต่ละองค์ประกอบกล่าวคือข้อคำถามกำหนดสถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนต้องตอบคำถามโดยระบุไว้ในแต่ละองค์ประกอบนั้นเป็นอย่างไร

ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ห่อภิมานพบว่าจำนวนข้อคำถามเฉลี่ยของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์(แบบทดสอบอัตันัย) คือ จำนวน 4 ข้อ โดยครูอาจจะใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแบบสังเกตร่วมกับแบบอัตันัยข้างต้นก็ได้ โดยแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ครูจะเป็นผู้ประเมินให้แก่่นักเรียนเป็นรายบุคคล สังเกตจากพฤติกรรมที่ปรากฏในชั้นเรียน ซึ่งสังเกตจาก 7 พฤติกรรม คือ 1) การวิเคราะห์คำถาม 2) การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ 3) การออกแบบแบบบันทึกการสำรวจตรวจสอบ 4) การเก็บรวบรวมข้อมูล 5) การระบุข้อสรุป 6) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 7) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล ซึ่งเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้ว พฤติกรรมที่ 1 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง พฤติกรรมที่ 2-6 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 2 หลักฐานเชิงประจักษ์ และ พฤติกรรมที่ 7 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล

สำหรับการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบอัตนัย ครูควรสร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยควรสร้างเกณฑ์การประเมินที่มีความจำเพาะเป็นรายข้อ ทั้งนี้การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล สำหรับเกณฑ์การวัดและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำเสนอไปแล้วในตอนที่ 3 เพื่อให้ครู/ผู้สนใจใช้เป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดนิยามและพฤติกรรมบ่งชี้แสดงไว้ในตารางที่ 18 และตัวอย่างเกณฑ์ในการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 19

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2) เพื่อข้อสรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณงานวิจัยที่เกี่ยวกับทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 3) เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

งานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์เป็นงานวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของ 2 กลุ่ม คือ 1) วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยปิดในกำกับของรัฐ 8 สถาบัน ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยศิลปากร และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2) งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จำนวน 11 เล่ม โดยตัวแปรต้นที่ศึกษา คือ คุณลักษณะงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ 2) ด้านการจัดการเรียนการสอน 3) ด้านการวัดและประเมิน 4) ด้านคุณภาพงานวิจัย ตัวแปรตาม คือ ขนาดอิทธิพลที่คำนวณโดยใช้สูตรของ Glass เพื่อให้องค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ และเพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยทำการคัดเลือกเฉพาะตัวแปรด้านการจัดการเรียนการสอนประกอบกับการวิเคราะห์เนื้อหา โดยนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานใน 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและประเมิน

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งผลสรุปออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย 1) สรุปคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2) สรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ทอิกมานงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 3) แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตอนที่ 1 สรุปคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอการพิจารณาคุณลักษณะงานวิจัยทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน และด้านคุณภาพงานวิจัย รวมทั้งสิ้น 22 ตัวแปร ผลการวิเคราะห์พบว่าคุณลักษณะงานวิจัยส่งผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่มีแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับสูงมีทั้งหมด 10 รูปแบบ คือ 1) การสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลัง 2) การสืบสอบโดยใช้แนวคิดการทำนาย การสังเกต และการอธิบาย 3) การสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) 4) การสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 5) การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง 6) การสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 7) การสืบสอบโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA 8) การสืบสอบโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE 9) การสืบสอบโดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ 10) การสืบสอบโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

ตอนที่ 2 สรุปองค์ความรู้จากการวิเคราะห์ห่อภิมานงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอการพิจารณาคุณลักษณะงานวิจัยด้านการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) คุณลักษณะงานวิจัยเชิงคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอน และ 2) คุณลักษณะงานวิจัย เชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. คุณลักษณะงานวิจัยเชิงคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอน

คุณลักษณะงานวิจัยเชิงคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอนพบว่ารูปแบบการเรียน การสอนที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง คิดเป็นร้อยละ 45.5 นอกจากนี้ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องมากที่สุดเท่ากัน คือ Constructivism และการผสมผสานกัน ของ Constructivism และ Social-constructivism คิดเป็นร้อยละ 36.4 เท่ากัน

สำหรับพฤติกรรมครูที่ปรากฏมากที่สุด คือ ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเพื่อคาดคะเนคำตอบ ของปรากฏการณ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎี Constructivism ทั้งนี้จากการ สังเคราะห์งานวิจัยพบว่าพฤติกรรมของครูมีทั้งหมด 10 ข้อ ดังนี้ 1) ให้นักเรียนรู้จักการสร้าง แบบจำลองตนเอง 2) ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเพื่อคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่กำหนด 3) ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการทดสอบ 4) ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลแลปฏิบัติตามแผนที่ออกแบบ 5) ให้นักเรียนมีโอกาสในการปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป 6) ให้นักเรียนได้ เรียนรู้ด้วยวิธีการทำงานร่วมกัน 7) นำห้องเรียนสู่ปรากฏการณ์โลกด้วยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับ เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง 8) ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 9) มีการสนับสนุน กระตุ้น เสริมแรง สร้างแรงบันดาลใจและให้คำแนะนำแก่นักเรียน 10) มุ่งให้นักเรียนสามารถนำความรู้สู่การ ปฏิบัติได้ในชีวิตประจำวัน

สำหรับพฤติกรรมนักเรียนที่ปรากฏมากที่สุด คือ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ ตนเอง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์การจัดการจัดการเรียนการสอนที่ต้องการส่งเสริมการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ทั้งนี้จากการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่าพฤติกรรมของนักเรียนที่ปรากฏมี ทั้งหมด 7 ข้อ ดังนี้ 1) เชื่อมโยงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2) ร่วมมือทำ กิจกรรมด้วยความกระตือรือร้น 3) หาข้อมูล วางแผน และสื่อสารภายในกลุ่มและนำเสนอต่อชั้นเรียน

4) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ รับฟังความเห็นของผู้อื่น 5) ประเมิน ปรับปรุง และแก้ไขผลงานของกลุ่ม 6) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง 7) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่ม

2. คุณลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน

คุณลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนพบว่า จำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 8 แผน โดยจำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนสูงสุดคือ 14 แผนและน้อยที่สุดคือ 1 แผน ระยะเวลาเฉลี่ยใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าประมาณ 20 คาบ คาบละ 50 นาที โดยใช้จำนวนคาบเรียนมากที่สุด 28.8 คาบและน้อยที่สุด 2.4 คาบ และจำนวนขั้นตอนในการเรียนการสอนเฉลี่ย 5 ขั้นตอน โดยจำนวนขั้นตอนการเรียนการสอนสูงสุด 8 ขั้นตอนและต่ำสุด 4 ขั้นตอน นอกจากนั้นการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะอยู่ในรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยเฉลี่ยจำนวน 4 ข้อ โดยแบบทดสอบอัตนัยมีจำนวนข้อคำถามสูงสุด 7 ข้อและต่ำสุด 3 ข้อ

ตอนที่ 3 แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จากผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณและการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานใน 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการวัดและประเมิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กิจกรรมการเรียนการสอน

จากงานวิจัยทั้งหมดที่นำมาสังเคราะห์ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนจะถูกกำหนด คัดเลือก และออกแบบโดยครู/ผู้สอน ที่คำนึงถึงความเหมาะสมแก่ผู้เรียนและสามารถเป็นเครื่องมือนำพานักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอใน 3 ส่วน คือ รูปแบบการเรียนการสอน วิธีสอน และเทคนิคที่ใช้

1.1 รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานควรอยู่ในรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางสติปัญญาและกระบวนการทางสังคม ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนการสอน

ควรอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี Constructivism และ Social-Constructivism ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะของผู้เรียนที่เป็นที่นิยมมากที่สุดและมีค่าขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับมาก คือ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการสอนอื่น ๆ อีกทั้งมีผลการวิจัยยืนยันว่ามีค่าขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับมากเช่นเดียวกัน เช่น การสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง (Collaborative Inquiry) วิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอน (Science Instruction Using The Predict-Observe-Explain Sequence) รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (The common knowledge construction model) การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง (Inquiry-Based Learning Based on Alberta Learning)

1.2 วิธีสอน

จากการวิเคราะห์ทอภิมานและการวิเคราะห์เนื้อหาของงานวิจัยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำให้ได้วิธีการสอนในภาพรวมเพื่อส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กรอบขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน แต่รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจะเป็นรายละเอียดสำหรับการส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งกับความรู้เดิมจนทำให้เกิดความพยายามในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งกระตุ้น โดยสิ่งกระตุ้นนั้นอาจอยู่ในรูปแบบของแผนภาพ ภาพถ่าย สถานการณ์สมมติ การตั้งคำถามเพื่อให้เกิดข้อสงสัยหรือประเด็นปัญหา โดยสิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้านั้นจะต้องเกี่ยวข้องกับเรื่องครูกำหนด และมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนด้วย ทั้งนี้ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการเบื้องต้นของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำการค้นคว้า ทดลองด้วยตนเอง ในขั้นตอนนี้ นั้นสามารถแบ่งเป็น 2 ระยะคือ 1)ระยะการสืบสอบรายบุคคล 2)ระยะการสืบสอบของกลุ่ม กล่าวคือ นักเรียนแต่ละคนต้องมีโอกาสในการทบทวนและแก้ไขแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการของ

นักเรียนในขั้นตอนที่ 1 ก่อนที่จะนำแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการนั้นไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง แล้วนำไปอภิปรายภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีข้อมูลเพียงพอแล้วในการวิเคราะห์ แผลผล และลงข้อสรุปของกลุ่ม นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รายกลุ่มพร้อมกับการเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นต่อชั้นเรียน ในขณะเดียวกันนักเรียนก็สามารถแก้ไขและพัฒนา คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองด้วย โดยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์ และการให้เหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นตอนที่ครูจัดสถานการณ์ใหม่ หรือตั้งประเด็นให้นักเรียนได้ ร่วมกันอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งในขั้นนี้พบว่าครูมักจะจัดนิทรรศการในชั้นเรียน โดยการแสดงผลงานของ นักเรียนทุกกลุ่ม แล้วให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมจากผลงานของกลุ่มอื่น รวมทั้งการ ชักถามให้นักเรียนมีความชัดเจนต่อการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่

5. ขั้นประเมินผลเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบความถูกต้อง จุดเด่น และจุดที่ควร ปรับปรุงของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของกลุ่ม

นอกจากนั้นผลการวิเคราะห์ห่อภิมานรูปแบบการสืบสอบพบว่าการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีความนิยมสูงสุดและมีขนาดอิทธิพลที่ส่งผลต่อการส่งเสริม ความสามารถทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้การจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองจำนวน 5 เล่ม การวิเคราะห์เนื้อหาพบว่ามามีวิธีการสอนโดยใช้ แบบจำลองอยู่ 3 วิธี ดังนี้

1. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry : MBI) ตามแนวคิดของ Windschitl et al. (2008) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameter) ขั้นที่ 2 ขั้นการ ดำเนินกิจกรรม (Teaching) ซึ่งประกอบด้วยด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ และต้องการรู้ (Organizing what we know and what we want to know) 2) การตั้งสมมติฐาน ที่สามารถทดสอบได้ (Generating testable hypotheses) 3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidences) 4) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument)

2. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) 2) ขั้นการสังเกต (Observer) 3) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) 4) ขั้นการอธิบาย (Expalin)

3. ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ Schwarz and Gwekwerere (2006) พัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Model) 3) ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model) 4) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply)

เมื่อพิจารณารูปแบบการจัดการเรียนการสอนทั้งสามร่วมกัน พบว่าการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีขั้นตอนการเตรียมพารามิเตอร์ที่ให้ความสำคัญต่อการเตรียมความพร้อมของบทเรียนของครู ครูต้องการจัดเตรียมความพร้อมทางด้านต่าง ๆ เช่น การกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ต้องการจะศึกษาซึ่งควรเป็นประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของความสนใจของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน การจัดการเรียนการสอนสื่อการเรียนการสอน ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่แตกต่างจากการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE

ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนจะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีการจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้จนเกิดเป็นประเด็นที่ต้องการจะศึกษา ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และ การจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) จะมีการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์และนำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลองนั้นต่อเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งลักษณะของความรู้เดิมนั้นอาจจะอยู่ในรูปแบบที่สนับสนุนบทเรียนที่กำลังศึกษา หรือขัดแย้งต่อบทเรียนที่กำลังศึกษาก็ได้

ในขั้นกิจกรรมจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) มีจำนวนขั้นตอนในการเรียนการสอนและชื่อเรียกในแต่ละ

ขั้นตอนที่แตกต่างกันแต่การจัดกิจกรรมในขั้นตอนเหล่านั้นล้วนแต่มีการวางขั้นตอนอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กล่าวได้ว่าในขั้นกิจกรรมใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ หรือใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จำแนกวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้แตกต่างกัน เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวิธีข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสังเกต ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นสรุปผล โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นสังเกตเพื่อระบุปัญหาเป็นขั้นตอนในการในการระบุปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสิ่งที่ต้องการจะศึกษา พร้อมทั้งกำหนดขอบเขตของปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐานเป็นขั้นตอนของการคิดคำตอบที่คาดหวังว่าควรจะเป็นหรือการคาดคะเนคำตอบที่คาดว่าจะได้รับโดยอยู่บนพื้นฐานของพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม
3. ขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง การสืบค้นข้อมูล ปฐมภูมิและทุติยภูมิ การทำการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างว่าถูกต้องหรือไม่ โดยใช้หลักฐานในการยืนยัน
4. ขั้นสรุปผลเป็นขั้นตอนของการสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างนั้นตามหลักเหตุผล การให้เหตุผลโดยหลักฐานประกอบเพื่อให้ได้ข้อสรุปของปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสิ่งที่ต้องการจะศึกษา

ในขั้นสรุปจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) จะมีลักษณะกิจกรรมให้นักเรียนได้การสร้าง พัฒนาหรือปรับปรุงแบบจำลองเพื่อใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยต้องมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสรุปแบบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA จะมีขั้นตอนหนึ่งที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE และการจัดการเรียนการสอนสืบสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model-based Inquiry) คือ ขั้นตอนการประยุกต์ความรู้ โดยการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ขั้นประยุกต์ความรู้จะเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยขั้นตอนการประยุกต์

ความรู้นี้เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ใหม่ที่เพิ่งได้รับมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม

1.3 เทคนิคที่ใช้

การวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของเทคนิคที่ใช้ประกอบกับกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าเทคนิคการใช้คำถาม(Questioning Techniques) เป็นเทคนิคที่ปรากฏสูงสุด โดยเทคนิคการใช้คำถามนี้จะเป็นการถามคำถามโดยครู ซึ่งจะพบคำถามใน 2 ระดับ คือ 1) คำถามระดับพื้นฐานที่ใช้ในการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งจะปรากฏมากในช่วงก่อนการเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอน 2) คำถามระดับสูงที่ใช้ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบ วิเคราะห์และสรุปผลจะปรากฏในช่วงการดำเนินกิจกรรม สำหรับคำถามในระดับเปรียบเทียบจะปรากฏในช่วงหลังการดำเนินกิจกรรมและคำถามระดับประยุกต์ความรู้ที่เรียนรู้นำมาใช้ในสถานการณ์ใหม่จะปรากฏในขั้นของการขยายความรู้

สำหรับเทคนิคการพูดรอบวง(Round robin) การใช้สิทธิ์ในการอภิปราย(Talking chips) คิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดร่วมกัน(Think-pair-share) การเขียนรอบวง(Round table) จะเป็นเทคนิคเหล่านี้ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมกิจกรรม โดยจะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำด้วยตนเอง

สำหรับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศัภยภาพ (Fading scaffolding technique) มีลักษณะของการใช้รูปแบบของการสืบสอบใน 3 ประเภท คือ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ (Guided inquiry) การสืบสอบแบบมีการแนะนำร่วม(Less-guided inquiry) และการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ(Unguided inquiry) เพื่อลดบทบาทของครูในขณะที่เดียวกันก็เพิ่มบทบาทของนักเรียน จากครูมีบทบาทมากจนกระทั่งมีน้อยหรือแทบไม่มีและจากนักเรียนที่มีบทบาทน้อยจนกระทั่งมีบทบาทมากที่สุด

2. สื่อการสอน

ผู้วิจัยได้ใช้การจำแนกประเภทสื่อการสอนของทิสนา เขมมณี (2548) ที่แบ่งออก 5 ประเภท คือ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวัสดุอุปกรณ์ สื่อกิจกรรม สื่อโสตทัศนูปกรณ์ และสื่อบริบท โดยตัวอย่างของแต่ละสื่อการสอน ควรเป็นดังต่อไปนี้

1. สื่อวัสดุอุปกรณ์ เช่น ของจริง รูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ

2. สิ่งพิมพ์ ได้แก่ ใบกิจกรรม ใบความรู้ หนังสือเรียน
3. สื่อกิจกรรม ได้แก่ การจัดนิทรรศการ
4. สื่อโสตทัศนอุปกรณ์ ได้แก่ ภาพเล็นอนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อนิเมชัน วีดีโอ
5. สื่อบริบท ได้แก่ ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ

ทั้งนี้สื่อของจริงควรมีการใช้มากที่สุด เนื่องจากนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าด้วยตนเอง

3. การวัดและประเมิน

การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล โดยการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถใช้แบบ สอบอัตโนมัติ 2 ลักษณะ คือ 1) การเขียนคำตอบรวมทั้ง 3 องค์ประกอบกล่าวคือเป็นข้อคำถามกำหนด สถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะต้องตอบคำถามนั้นเป็นความเรียงที่ประกอบด้วย องค์ประกอบทั้งสามข้างต้น 2) การเขียนคำตอบแบบแยกแต่ละองค์ประกอบกล่าวคือข้อคำถาม กำหนดสถานการณ์และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนต้องตอบคำถามโดยระบุว่าในแต่ละองค์ประกอบ นั้นเป็นอย่างไร

ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์หรือปริมาณพบว่าจำนวนข้อคำถามเฉลี่ยของแบบประเมินคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์(แบบทดสอบอัตโนมัติ) คือ จำนวน 4 ข้อ โดยครูอาจจะใช้แบบประเมินกระบวนการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแบบสังเกตร่วมกับแบบอัตโนมัติข้างต้นก็ได้ โดยแบบประเมิน กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ครูจะเป็นผู้ประเมินให้แก่นักเรียนเป็นรายบุคคล สังเกต จากพฤติกรรมที่ปรากฏในชั้นเรียน ซึ่งสังเกตจาก 7 พฤติกรรม คือ 1) การวิเคราะห์คำถาม 2) การ วางแผนการสำรวจตรวจสอบ 3) การออกแบบแบบบันทึกการสำรวจตรวจสอบ 4) การเก็บรวบรวม ข้อมูล 5) การระบุข้อสรุป 6) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 7) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้ เหตุผล ซึ่งเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้ว พฤติกรรมที่ 1 สามารถ จัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง พฤติกรรมที่ 2-6 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน เชิงประจักษ์ และ พฤติกรรมที่ 7 สามารถจัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล

สำหรับการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบอัตโนมัติ ครูควรสร้างเกณฑ์การ ประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยควรสร้างเกณฑ์การประเมินที่มีความจำเพาะเป็น

รายชื่อ ทั้งนี้การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องประเมินใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และ การให้เหตุผล สำหรับเกณฑ์การวัดและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำเสนอไปแล้วในตอนที่ 3 เพื่อให้ครู/ผู้สนใจใช้เป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดนิยามและพฤติกรรมบ่งชี้แสดงไว้ในตารางที่ 18 และตัวอย่างเกณฑ์ในการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 19

การอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายผลการวิจัยเป็น 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) คุณลักษณะงานวิจัยไม่มีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เดิมของนักเรียนมีผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนการศึกษาชั้นพื้นฐานสูงสุด 4) ครูทำทหายความเข้าใจและทักษะของนักเรียนผ่านสถานะการณ์ใหม่ 5) การลดบทบาทครูและการเสริมศักยภาพนักเรียน

1. คุณลักษณะงานวิจัยไม่ส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพล

ผลการวิเคราะห์พบว่าคุณลักษณะงานวิจัยทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านผู้วิจัยและการพิมพ์ ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมิน และด้านคุณภาพงานวิจัย ส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพลในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เท่านั้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาเฉพาะด้านการจัดการเรียนการสอนโดยผลการวิจัยสอดคล้องกับวรารกร พรหมมณี (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บด้วยการวิเคราะห์ห่อภิมาณพบว่าตัวแปรในด้านการจัดการเรียนการสอนหรือวิธีการสอนส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพลไม่แตกต่างกัน ซึ่งยังสอดคล้องกับ พรทิพย์ พันตา (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์งานวิจัยนวัตกรรมการสอนคณิตศาสตร์ พบว่าในบางตัวแปร ได้แก่ สถาบันการวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย เพศของผู้วิจัย เป็นต้น ส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยไม่แตกต่างกัน นั้นแสดงให้เห็นว่าไม่ว่าการจัดการเรียนรู้จะใช้รูปแบบหรือวิธีการสอนใดก็ล้วนส่งผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน นอกจากนี้ผลการวิจัยของณัฐภรณ์ อึ้งภากรณ์ (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการวิเคราะห์ห่อภิมาณ และผลการวิจัยของสร้อยญา

จันทร์ชูสกุล (2561) ที่ศึกษาการวิเคราะห์ห่อภิมานงานวิจัยด้านนวัตกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พบว่าตัวแปรด้านการจัดการเรียนรู้ส่งผลต่อค่าขนาดอิทธิพลไม่แตกต่างกันเช่นกัน

2. ความรู้เดิมของนักเรียนมีผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าความรู้เดิมของนักเรียนมีผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะถูกครูกระตุ้นและส่งเสริมให้เกิดแรงบันดาลใจต่อการเรียนในปรากฏการณ์นั้น ๆ เห็นได้จากการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ขั้นตอนแรกของการเรียนการสอนที่ปรากฏ คือ ครูยกตัวอย่างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ครูต้องการให้นักเรียนศึกษา โดยนักเรียนจะได้ใช้ความรู้เดิมมาเป็นพื้นฐานต่อสถานการณ์ใหม่ที่มีความท้าทายทางด้านความคิดมากยิ่งขึ้น หรือแม้แต่ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่ขัดกับความรู้เดิม นอกจากนี้การที่นักเรียนได้ใช้พื้นฐานของความรู้เดิมก่อนที่จะถูกนำเสนอความรู้ใหม่จากครู ก็จะถือเป็นการทบทวนและตรวจสอบความรู้เดิมที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว และเป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการรับเนื้อหาใหม่ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่ากิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนจะต้องเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการ แต่ปรากฏว่านักเรียนบางส่วนไม่ทราบว่าแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการมีลักษณะเป็นอย่างไร ดังนั้นครูต้องให้ความรู้ในการเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการเสียก่อน ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้เดิมเป็นฐาน ครูต้องตรวจสอบก่อนว่านักเรียนทุกคนได้รับการเรียนการสอนมาแล้วหรือไม่

3. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนการศึกษาขั้นพื้นฐานสูงสุด

ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองมีขนาดอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานสูงสุด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

ประการที่ 1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองจะมีทั้งการสืบสอบรายบุคคลหรือการสืบสอบแบบกลุ่ม นักเรียนได้มีโอกาสในการสร้างและเขียนคำอธิบายของตนเอง โดยต้องใช้ทั้งความรู้ความเข้าใจ หลักฐานเชิงประจักษ์ และการให้เหตุผล โดยหลักฐานเชิงประจักษ์นั้น นักเรียนจะต้องทำการสืบค้น หรือการทดลองด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองนี้มีพื้นฐานมีทฤษฎีพื้นฐานคือ ทฤษฎี Constructivism ที่

ระบุว่า การเรียนการสอนบนพื้นฐานของทฤษฎี Constructivism จะเน้นให้นักเรียนค้นหาความรู้หรือข้อเท็จจริงด้วยตนเอง อีกทั้งยังเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักการวางแผน การคิดหาคำตอบ การได้มาซึ่งเหตุผล การแก้ปัญหาด้วยตนเอง (พิมพันธ์ เตชะคุปต์และพะเยาว์ ยินดีสุข (2557)

ประการที่ 2 การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม นักเรียนมีโอกาสได้ร่วมออกแบบการทดลองของกลุ่ม แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม แสดงความคิดเห็นต่อผลงาน รับฟังของเสนอแนะของเพื่อนในชั้นเรียนหรือสมาชิกในกลุ่มผ่านการอภิปราย เพื่อให้ นักเรียนได้ทราบจุดดี จุดที่ควรปรับปรุง ข้อจำกัด ของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง แล้วนำไปพัฒนาเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความสมบูรณ์ถูกต้องต่อไป สอดคล้องกับทศนา เขมมณี (2556) ที่กล่าวว่า การใช้การอภิปรายกลุ่มเป็นกระบวนการที่ครูช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง มีโอกาสในการแสดงผลงาน ความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น พัฒนาการคิดด้านการหาเหตุผลของนักเรียนส่งเสริมการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนการอภิปราย และนักเรียนสามารถนำวิธีการอภิปรายไปใช้ได้ สถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

ประการที่ 3 การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองครูจะอยู่ในบทบาทของผู้ดำเนินการชั้นเรียน ให้เกิดความราบรื่นและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเป็นระยะ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ครูทราบถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอน ความรู้สึกของนักเรียน เพื่อนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน สอดคล้องกับ Angelo and Cross (1993 อ้างถึงในบดินทร์ เชนย์วิบูลย์, 2558) ที่กล่าวว่า การสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนมีส่วนช่วยให้ครูทราบถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาส่วนที่นักเรียนอาจยังไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน ความน่าสนใจของกิจกรรมต่อนักเรียน ความต้องการเพิ่มเติมของนักเรียน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนต่อไป

4. ครูทำทหายความเข้าใจและทักษะของนักเรียนผ่านสถานการณ์ใหม่

จากการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าเมื่อนักเรียนได้รับการจัดกระทำมีการเรียนรู้เนื้อหาสาระใหม่ แล้วนั้น ครูจะมีการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เพิ่งได้รับนั้นมาประยุกต์เข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งสถานการณ์ใหม่ที่ครูนำมาใช้นั้นมักจะเป็นสถานการณ์ที่เชื่อมโยงความรู้นั้นกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือปรากฏการณ์ที่เป็นกระแสสังคมในขณะนั้น จะเห็นได้ว่านอกจากนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจเนื้อหาแล้ว นักเรียนยังต้องสามารถนำความเข้าใจนั้นมาอธิบายในสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหานี้ได้อีกด้วย สอดคล้องกับ Tanner (2010) ที่กล่าวว่า

เป้าหมายหนึ่งของการเรียนวิทยาศาสตร์คือนอกจากนักเรียนจะต้องเข้าใจโมทัศน์ของเนื้อหาสาระแล้ว นักเรียนยังต้องสามารถประยุกต์โมทัศน์นั้นเข้ากับบริบทใหม่ได้ ทั้งนี้ช่วงการประยุกต์หรือขยายความรู้นี้ครูจะต้องสอนและแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการขยายขอบเขตความรู้และให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกฝนการประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ของตนเองกับบริบทอื่น ๆ เนื่องจากขั้นการประยุกต์ความรู้จะอยู่ลำดับหลัง ๆ ดังนั้นนักเรียนได้ทำการสืบสอบ ได้ข้อสรุปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของกลุ่มและมีความเข้าใจโมทัศน์ใหม่มาแล้ว ในขั้นการประยุกต์ความรู้นี้ นักเรียนจะได้ฝึกฝนการประยุกต์ใช้ความรู้เป็นรายบุคคล ก็จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ขยายขอบเขตของความเข้าใจด้านเนื้อหาสาระของตนเองให้ลุ่มลึกและกว้างขวางมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใหม่ในบริบทที่แตกต่างด้วยตนเองอีกด้วย

5. การลดบทบาทครูและการเสริมศักยภาพนักเรียน

ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (Fading scaffolding technique) เป็นเทคนิคเดียวที่มีงานวิจัยนำไปใช้เพื่อศึกษาผลการนำเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลงานวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

ประการที่ 1 เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ มีลักษณะของการใช้รูปแบบของการสืบสอบใน 3 ประเภท คือ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ (Guided inquiry) การสืบสอบแบบมีการแนะนำร่วม(Less-guided inquiry) และการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ(Unguided inquiry) เพื่อลดบทบาทของครูในขณะเดียวกันก็เพิ่มบทบาทของนักเรียน จากครูมีบทบาทมากจนกระทั่งมีน้อยหรือแทบไม่มีและจากนักเรียนที่มีบทบาทน้อยจนกระทั่งมีบทบาทมากที่สุด McNeill et al.(2006) กล่าวถึงเป้าหมายหลักของการลดบทบาทการเสริมศักยภาพว่าเป็นวิธีการเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนสามารถทำงานด้วยตนเองได้โดยปราศจากความช่วยเหลือของครู ทั้งนี้ Lejoie (อ้างถึงใน Nutt,2015) ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่าเมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ในภาระงานนั้น ๆ แล้ว การลดบทบาทของครูต้องค่อย ๆ ลดลงและครูต้องแน่ใจก่อนว่านักเรียนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองแล้วก่อนที่จะครูใช้การสืบสอบแบบไม่แนะนำ

ประการที่ 2 เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพยึดแนวทางการขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีโอกาสในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองผ่านการปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียน โดยการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มแบบคละระดับความสามารถ จะทำให้นักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงกว่าทำหน้าที่เป็นเหมือนพี่เลี้ยงให้แก่เด็กเรียนที่มีระดับความสามารถต่ำกว่า ทั้งครูกิจกรรมที่ครูจัดนั้นต้องแบ่งภาระงานออกเป็นส่วยย่อย ๆ เพื่อลดความซับซ้อนของภาระงานและเพื่อปรับให้สอดคล้องตามลำดับพัฒนาการ และมีความท้าทายตามระดับความสามารถของนักเรียนส่งผลนักเรียนเกิดการขยายรอยต่อของพัฒนาการจากระดับที่เป็นอยู่ (Actual Stage) ไปสู่ระดับพัฒนาการที่เป็นจริง (Actual development)

ประการที่ 3 จากเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพนักเรียนได้รับการฝึกฝนและพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบผ่านการลงมือปฏิบัติและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ระหว่างนักเรียนกับชั้นเรียน และระหว่างนักเรียนกับครู โดยเริ่มจาก ครูวางแผนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างเป็นช่องกล่าวอ้าง หลังจากนั้นครูจะฝึกให้นักเรียนจัดกระทำข้อมูล เช่น จำแนกประเภทข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ทำการทดลอง เพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับช่องกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น แล้วนักเรียนทำสรุปผล ลงความเห็นและการให้เหตุผลผ่านการพิจารณาความเชื่อมโยงของช่องกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ กระบวนการเหล่านี้ทำให้นักเรียนได้จัดการระบบความคิดของตนเองก่อนที่สำเร็จงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งนี้ครูจะค่อย ๆ ลดความช่วยเหลือจนกระทั่งครูหยุดการช่วยเหลือเมื่อนักเรียนได้ซึมซับขั้นตอนต่าง ๆ ไว้แล้ว ซึ่งผลที่นักเรียนได้รับคือกระบวนการและองค์ความรู้ โดยองค์ความรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและครบทุกองค์ประกอบ สอดคล้องกับ McNeil et al. (2006) ที่พบว่ากลุ่มทดลองที่มีการเสริมศักยภาพแบบที่ครูค่อย ๆ ลดการแนะนำสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การเสริมศักยภาพแบบที่ครูให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สนใจการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูควรศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง บทบาทครู บทบาทนักเรียน การวัดและประเมินผล เพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากครูถือเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียน

2. ครูผู้สนใจการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูควรทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่ รวมถึงการตรวจสอบความรู้ในการเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการของนักเรียนของนักเรียนด้วย เนื่องจากแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการที่นักเรียนสร้างนี้จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งหากนักเรียนไม่สามารถเขียนแผนผังความคิด/แผนผังกระบวนการก็จะอาจส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งนี้ง่าส่งเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเท่านั้น ข้อค้นพบที่ได้เป็นเพียงหนึ่งในสมรรถนะของการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไปนักวิจัยที่สนใจอาจจะส่งเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการประเมินและออกแบบการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ หรือเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสมรรถนะองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์

2. การวิจัยครั้งนี้พบว่าไม่ปรากฏงานวิจัยในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาเลย ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองไปใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

3. ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองส่งผลต่อขนาดอิทธิพลในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุด อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองจากงานวิจัยฉบับนี้มีทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบการ

เรียนการสอน EIMA 2) รูปแบบการเรียนการสอน MORE 3) รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(Model-based learning) ทั้งสามรูปแบบล้วนมีอิทธิพลสูง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจ้นำรูปแบบการเรียนทั้งสามมาเปรียบเทียบเพื่อลงข้อสรุปว่าหนึ่งในรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองจากสามรูปแบบนี้ รูปแบบใดส่งผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุด

บรรณานุกรม

- Abell, S. K., Hanuscin, D. L., Rogers, M. A. P., Lee, M., & Gagnon, M. J. (2009). Preparing the Next Generation of Science Teacher Educators: A Model for Developing PCK for Teaching Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education* 20(1), 77-93.
- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *The journal of learning in science*, 17, 381-414.
- Cooper, & Hedge. (2009). *The handbook of research synthesis*. (Vol. Rusee). Newyork: Russell sage foundation.
- Etkina, E., & Mestre, J. P. (2004). *Implication of Learning Research for Teaching Science to Non-science Major*. Harrisburg,PA.: SENCER.
- Eugenia, E. (2004). Developing and Assessing Scientific Abilities. Retrieved from <http://paer.rutgers.edu/PT3>
- Glass, McGraw, & Smith. (1981). *Meta-analysis in social research*. (Vol. Sage Publications). California.
- McNeil, K. L., & Krajack, J. S. (2008). Scientific Explanation: Characterizing and Evaluating the Effect of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 55-78.
- Norris, S. P., Guilbert, S. M., Smith, M. L., Hakimelahi, S., & Phillips, L. M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89(4), 535-563.
- Nutt, A. J. (2015). Fading Student-Learned Scaffolding in Middle School Science Classrooms. *Capstone Projects and Theses*, 578. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/76c6/bb4b60b5463837ce35259436351902de7905.pdf>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013). PISA 2012 Result in focus. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>.

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). *PISA 2015 Result in focus*. In A. Schleicher (Ed.). Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>
- Sanpson, V., & Clark, D. V. (2009). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation *Science Education*, 93, 448-484.
- Tanner, K. D. (2010). Order Matters: Using the 5E Model to Align Teaching with How People Learn. *American Society for Cell Biology*, 9(3), 159–164. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2931660/>.
- กรรณก เลิศเดชาภัทร. (2559). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. กระทรวงศึกษาธิการ. แผนการศึกษาแห่งชาติ. Retrieved from <http://backoffice.onec.go.th/uploaded/Outstand/2017-EdPlan60-79.pdf>.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 และ (ฉบับที่ 3) พุทธศักราช 2553. กรุงเทพฯ: ครูสภา Retrieved from <https://person.mwit.ac.th/01-Statutes/NationalEducation.pdf>
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2558). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กลุ่มพัฒนากระบวนการเรียนรู้ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1qnUliLfd2G3AMohwdDqQf1nz5rqOz3-z/view>
- กุศลสิน มุสิกกุล. (2555). การผนวกการประเมินระหว่างเรียนในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. วารสารครุวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, 55-60.
- จงกล บุญรอด. (2557). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาโทมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- จรูญลักษณ์ วรโคตร. (2558). การศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- จุไรรัตน์ สุตรง. (2547). การพัฒนาหลักสูตรแบบเน้นกระบวนการทำโครงการเพื่อเสริมทักษะภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาดุขุภีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ณัฐพงษ์ พาลลพ. (2554). การเรียนรู้ตามทฤษฎีของบลูม. Retrieved from <https://www.gotoknow.org/posts/391886>
- ณัฐพร อังภาภรณ์. (2556). การวิเคราะห์ห่อภิมานงานวิจัยด้านนวัตกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- ทัศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ. (2548). ารสังเคราะห์งานวิจัยด้านการมีส่วนร่วมของโรงเรียนกบชุมชน: การวิเคราะห์ห่อภิมานและการวิเคราะห์กระบวนการทางปัญญาภิมาน. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ทิตนา เขมมณี. (2556). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา เขมมณี. (2548). รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). การวิเคราะห์ห่อภิมาน *META-ANALYSIS*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2552). รายงานการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการศึกษาไทย: การวิเคราะห์ห่อภิมาน(*Meta-analysis*). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นฤมน อุดมคุณ. (2552). การวิเคราะห์ห่อภิมานงานวิจัยด้านนวัตกรรมจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- นิภาพร ย่องเจริญ. (2551). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนสาระด้านทัศนศิลป์ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- บดินทร์ เชนย์วิบูลย์. (2558). แนวทางการจัดการนิเทศการสอนภาษาอังกฤษของครูต่างชาติใน
โครงการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการเป็นภาษาอังกฤษในชั้น
มัธยมศึกษาของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (ปริญญา
มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การพัฒนาการสอน (Vol. 1). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.
- พจีลักษณ์ ขวัญใจ. (2555). ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของ อัลเบอ์
ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความตระหนัก
ด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พรทิพย์ พันดา. (2554). การสังเคราะห์งานวิจัยนวัตกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์: การ
วิเคราะห์อภิमान และการวิเคราะห์กลุ่มแฝง. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พิมพ์พันธ์ เดชคุปต์, & พเยาว์ ยินดีสุข. (2557). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรากร พรหมมณี. (2555). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ : การ
วิเคราะห์อภิमान. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ ลีวงศ์สถาพร. (2552). การอธิบายทางวิทยาศาสตร์. *IPST Magazine*, 173(37), 68-69.
- วิรัตน์ธาดา เกาศำ. (2556). การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนดนตรีโดยใช้ดนตรีคลาสสิก
และดนตรีสมัยนิยมเพื่อพัฒนาทักษะเปียโนของนักเรียนเปียโนระดับขั้นต้น. (ครุศาสตรมหา
บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิริยา ตาสี. (2559). ผลของการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับ
สถานการณ์จำลองลงบนคอมพิวเตอร์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์
กัลวานิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต),
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศิริระ ศิริจันทร์. (2549). การวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยด้านการเรียนการสอนบนเว็บระหว่างปีพ.ศ.
2542-2546. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สกุณา ประมาะยัง. (2556). การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนดนตรีเพื่อพัฒนาเทคนิค
การปฏิบัติโน้ตระดับสำหรับนักเรียนเปียโนระดับขั้นกลาง. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต),
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- สังกัด อุทรานันท์. (2532). พื้นฐานและหลักการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับหลักสูตรอนาคตระดับประถมศึกษา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. Retrieved from <http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualScienceM3.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. Retrieved from <http://scimath.org/e-books/8923/flippingbook/index.html#1>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา. <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/>
- สร้อยญา จันทร์ชูสกุล. (2561). การวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยด้านนวัตกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 1(11).
- สันติชัย อนุวรชัย. (2555). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). สมรรถนะการศึกษาของประเทศไทยในเวทีสากล ปี 2561. Retrieved from <http://backoffice.onec.go.th/uploaded2/Outstand/201806/IMD2018.pdf>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2557). (ร่าง)กรอบทิศทางแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574. Retrieved from <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=47905&Key=news20>
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2560). เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน. Retrieved from <http://e-plan.dla.go.th/activityImage/422.pdf>

- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรอบแนวคิดการดำเนินงานแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี. Retrieved from http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/A/082/T_0001.PDF
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2558). กรอบทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564. Retrieved from https://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422
- สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). ของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุพัตรา จันทร์โฆสิต. (2552). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุรรัตน์ จุ้ยกระจ่าง. (2553). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน *EIMA* ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง. (2554). ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพ
แบบบันทึกคุณลักษณะงานวิจัย และแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย**

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. อาจารย์ ดร.พรทิพย์ อีร์ภานนท์ | หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| 2. อาจารย์น้ำฝน นาสวาสดี | อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| 3. อาจารย์ศุจิภา จาตุรนต์พงศา | อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ด้านที่ 2 คุณลักษณะงานวิจัยด้านจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

8. นวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
9. ลักษณะและองค์ประกอบของนวัตกรรม
10. ขั้นตอนของนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 10.1 จำนวนขั้นตอนของนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 10.2 รายละเอียดขั้นตอนของนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
11. เทคนิคที่ใช้ร่วมกับนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 11.1 ระบุเทคนิคที่ใช้ในนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 11.2 เทคนิคที่ใช้ร่วมกับนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 1) เทคนิคคิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดร่วมกัน(Think-pair-share)
- 2) เทคนิคการพูดรอบวง(Round robin)
- 3) เทคนิคการใช้สิทธิในการอภิปราย (Talking chip)
- 4) เทคนิคการเขียนรอบวง (Round table)
- 5) อื่น ๆ
12. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 12.1 จำนวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 12.2 ทฤษฎีที่ใช้ในนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 1) Constructivism 2) Social constructivism
13. แผนการจัดการการเรียนรู้ที่ใช้ในนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 13.1 จำนวนแผนการจัดการการเรียนรู้ที่ใช้
- 13.2 จำนวนคาบเรียนที่ใช้
14. เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
- 14.1 1) แบบวัด/แบบสอบ 2) แบบสอบถาม
- 3) แบบสัมภาษณ์ 4) แบบสังเกต
- 14.2 จำนวนข้อคำถามของเครื่องมือที่ใช้
15. นิยามและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
16. เกณฑ์ระดับความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 3 คุณลักษณะงานวิจัยด้านการวัดและประเมิน

17 ผลการใช้วัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

17.1 ค่าเฉลี่ยกลุ่มทดลอง

17.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มทดลอง

17.3 ขนาดตัวอย่างกลุ่มทดลอง

17.4 ค่าเฉลี่ยกลุ่มควบคุม

17.5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มควบคุม

17.6 ขนาดตัวอย่างกลุ่มควบคุม

18 ผลการทดสอบ

18.1 ค่าทดสอบที

18.2 ค่าความน่าจะเป็น

ด้านที่ 4 คุณลักษณะงานวิจัยด้านคุณภาพงานวิจัย

19 คะแนนการประเมินคุณภาพงานวิจัย

--

คู่มือรหัสข้อมูลแบบบันทึกข้อมูลคุณลักษณะงานวิจัย
ส่วนที่ 1 คุณลักษณะงานวิจัยทั่วไป

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร (ภาษาอังกฤษ)	รหัสและค่าของตัวแปร
รหัสงานวิจัย	ID	000 - 999
ด้านที่ 1 คุณลักษณะของงานวิจัยด้านผู้วิจัยและการพิมพ์		
1. สถาบันที่ผลิตงานวิจัย	UNIVER	01 = จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 02 = มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 03 = มหาวิทยาลัยขอนแก่น 04 = มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 05 = มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 06 = มหาวิทยาลัยบูรพา 07 = มหาวิทยาลัยศิลปากร 08 = มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 09 = สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. แหล่งที่ผลิตงานวิจัย	SOURCE	01 = คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ 02 = สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. สาขาที่ผลิตงานวิจัย	MAJOR	01 = สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ 02 = สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ 03 = สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา 04 = การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา 05 = สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ 06 = สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน 07 = สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา 08 = สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา 09 = สาขาวิชาประถมศึกษา 10 = อื่น ๆ
4. ระดับการศึกษาของผู้วิจัย	EDU	01 = ปริญญาโท 02 = ปริญญาเอก 03 = อื่น ๆ
5. เพศของผู้วิจัย	SEX	01 = เพศชาย 02 = เพศหญิง
6. ปีที่พิมพ์	YEAR	2552 - 2560
7. ภูมิภาคที่ทำการวิจัย	REGION	01 = ภาคเหนือ 02 = ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 03 = ภาคกลาง

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร (ภาษาอังกฤษ)	รหัสและค่าของตัวแปร
		04 = ภาคตะวันออก 05 = ภาคตะวันตก 06 = ภาคใต้
ด้านที่ 2 คุณลักษณะของงานวิจัยด้านนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
8. นวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	INNO	01 = รูปแบบการเรียนการสอน 02 = เทคนิคการเรียนรู้ 03 = กลวิธี
9. ลักษณะขององค์ประกอบของนวัตกรรม		
10. ขั้นตอนของนวัตกรรม 10.1 จำนวนขั้นตอนของนวัตกรรม 11.2 รายละเอียดขั้นตอนของนวัตกรรม	INNNUM	0 - 10
11. เทคนิคที่ใช้ 11.1 ระบุเทคนิค 11.2 เทคนิคที่ใช้ 1) เทคนิคคิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดร่วมกัน 2) เทคนิคการพูดรอบวง 3) เทคนิคการใช้สิทธิในการอภิปราย 4) เทคนิคการเขียนรอบวง 5) อื่น ๆ	TECH	0 = ไม่ระบุ, 1 = ระบุ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่
12. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 12.1 จำนวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 12.2 ทฤษฎีที่ใช้ 1) Constructivism 2) Social constructivism 3) อื่น ๆ	THEO THEONUM	0 - 4 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่
13. แผนการจัดการการเรียนรู้ที่ใช้ 13.1 จำนวนแผนการจัดการการเรียนรู้ 13.2 จำนวนคาบเรียน	PLANNUM PERIOD	0 - 99 0 - 99

ตัวแปร	ชื่อตัวแปร (ภาษาอังกฤษ)	รหัสและค่าของตัวแปร
14. เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 14.1 ประเภทเครื่องมือ 1) แบบวัด/แบบสอบ 2) แบบสอบถาม 3) แบบสัมภาษณ์ 4) แบบสังเกต 14.2 จำนวนข้อคำถามของเครื่องมือที่ใช้	ASSESS ASSESS_1 ASSESS_2 ASSESS_3 ASSESS_4 ASSESSNUM	 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 = ไม่ใช่, 1 = ใช่ 0 - 99
15. นิยามและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 16. เกณฑ์ระดับความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		
ด้านที่ 3 คุณลักษณะงานวิจัยด้านผลการใช้นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		
17. ผลการใช้นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 17.1 ค่าเฉลี่ยกลุ่มทดลอง 17.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มทดลอง 17.3 ขนาดตัวอย่างกลุ่มทดลอง 17.4 ค่าเฉลี่ยกลุ่มควบคุม 17.5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มควบคุม 17.6 ขนาดตัวอย่างกลุ่มควบคุม	AVG_TRE SD-TRE SIZE_TRE AVG_CON SD_CON SIZE_CON	0.00 – 99.99 0.00 – 99.99 0 - 99 0.00 – 99.99 0.00 – 99.99 0 - 99
18. ผลการทดสอบ 18.1 ค่าทดสอบที 18.2 ค่าความน่าจะเป็น	TVALUE PROP	0.00 – 99.99 0.00 – 99.99
ด้านที่ 4 ด้านคุณภาพงานวิจัย		
19. คะแนนการประเมินคุณภาพงานวิจัย	SC_ASSE	0.00 – 4.00

รหัสงานวิจัย

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัย

ชื่อผู้วิจัย	
ชื่องานวิจัย (ไทย)	
ชื่องานวิจัย (อังกฤษ)	
แหล่งที่ผลิตงานวิจัย	

คำชี้แจง

แบบบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัยส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้มีจำนวนรายการในการบันทึกทั้งสิ้น 14 ข้อ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน 3) ด้านสื่อการสอน และ 4) ด้านการวัดและประเมิน

ด้านที่ 1 เนื้อหา		
1	เนื้อหาบทเรียน	
2	มาตรฐานการเรียนรู้	
3	ตัวชี้วัด	
4	ระดับชั้น	

ด้านที่ 2 กิจกรรมการเรียนการสอน		
5	ชื่อรูปแบบการจัดการ เรียนการสอน	
6	ลำดับขั้นและ รายละเอียด	
7	เทคนิคการสอน	

ด้านที่ 3 สื่อการสอน		
8	สื่อสิ่งพิมพ์	
9	สื่อวัสดุอุปกรณ์	
10	สื่อโสตทัศนอุปกรณ์	
11	สื่อกิจกรรม	
12	สื่อบริบท	

ด้านที่ 4 การวัดและประเมิน		
13	องค์ประกอบของการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	
14	เกณฑ์การให้คะแนนของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	

รหัสงานวิจัย

แบบประเมินคุณภาพงานวิจัยที่เกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้ประเมิน.....

ชื่อผู้วิจัยปีที่พิมพ์.....

ชื่องานวิจัย

.....

.....

สถาบันที่ผลิตงานวิจัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับลักษณะงานวิจัยที่ประเมิน

ข้อ	ลักษณะที่ประเมิน	ผลการประเมิน				
		0	1	2	3	4
1.	ชื่อเรื่องมีความชัดเจน					
2.	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาชัดเจน สอดคล้องกับเรื่องที่ทำวิจัย					
3.	ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับชื่อเรื่อง ถูกต้องตามหลักวิจัย					
4.	เหตุผลและความจำเป็นในการทำวิจัยมีความสมเหตุสมผล					
5.	สมมติฐานมีความเหมาะสม ชัดเจนตามหลักการวิจัย					
6.	กำหนดขอบเขตของการวิจัยได้อย่างเหมาะสม และมีเหตุผลรองรับ					
7.	กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยได้อย่างเหมาะสม และมีเหตุผลรองรับ					
8.	นิยามศัพท์เฉพาะมีความชัดเจน					
9.	กรอบแนวคิดงานวิจัยมีความเหมาะสม และชัดเจน					
10.	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีปริมาณมากเพียงพอ					
11.	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย					
12.	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความทันสมัย					
13.	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศมีสัดส่วนที่เหมาะสม					
14.	การออกแบบงานวิจัยสอดคล้องกับปัญหาการวิจัย					
15.	กำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยได้อย่างชัดเจน					
16.	ใช้รูปแบบการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างได้เหมาะสมกับการวิจัย					
17.	กลุ่มตัวอย่างมีการสุ่มและเกณฑ์ในการคัดเลือกที่เหมาะสม ชัดเจน					
18.	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ					
19.	กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความชัดเจนและเหมาะสม					
20.	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล					
21.	การนำเสนอการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง ชัดเจน					
22.	การแปลผลและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง ชัดเจน					

ข้อ	ลักษณะที่ประเมิน	ผลการประเมิน				
		0	1	2	3	4
23.	การสรุปผลการวิจัยมีความถูกต้อง ชัดเจน ครอบคลุม สอดคล้องกับปัญหาวิจัยและวัตถุประสงค์					
24.	ข้อเสนอแนะมีความชัดเจน และเป็นประโยชน์					
25.	เป็นงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้					
26.	รูปแบบรายงานถูกต้องตามหลักวิชาการ					
27.	คุณภาพงานวิจัยในภาพรวม					

เกณฑ์การประเมินคุณภาพสำหรับแบบประเมินคุณภาพงานวิจัย

1. ชื่อเรื่องมีความชัดเจน
 - 0 หมายถึง ไม่มีความชัดเจน หรือไม่ระบุถึงปัญหาการวิจัย
 - 1 หมายถึง ระบุปัญหาการวิจัยเพียงอย่างเดียว
 - 2 หมายถึง ระบุปัญหาการวิจัย ตัวแปรสำคัญที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น
 - 3 หมายถึง ระบุปัญหาการวิจัย ตัวแปรสำคัญที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้น และ ตัวแปรตามครบถ้วน
 - 4 หมายถึง ระบุปัญหาการวิจัย ตัวแปรสำคัญที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตามครบถ้วน และระบุกลุ่มประชากรที่ศึกษาครบถ้วน

2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาชัดเจน สอดคล้องกับเรื่องที่ทำวิจัย
 - 0 หมายถึง ไม่ระบุความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
 - 1 หมายถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่วิจัย
 - 2 หมายถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาแสดงถึงประเด็นปัญหาและความสำคัญในการทำวิจัย แต่ยังไม่ครอบคลุมประเด็นที่ศึกษา เรียบเรียงเนื้อความไม่ต่อเนื่องสอดคล้องกัน
 - 3 หมายถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาแสดงถึงประเด็นปัญหาและความสำคัญในการทำวิจัย ครอบคลุมประเด็นที่ศึกษา มีเหตุผลสนับสนุน เรียบเรียงเนื้อความไม่ต่อเนื่องสอดคล้องกัน
 - 4 หมายถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาแสดงถึงประเด็นปัญหาและความสำคัญในการทำวิจัย ครอบคลุมประเด็นที่ศึกษา มีเหตุผลสนับสนุน เรียบเรียงเนื้อความต่อเนื่องสอดคล้องกัน

3. ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับชื่อเรื่อง ถูกต้องตามหลักวิจัย
 - 0 หมายถึง ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์ไม่สอดคล้องกับชื่อเรื่อง
 - 1 หมายถึง ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์สอดคล้องกับชื่อเรื่อง
 - 2 หมายถึง ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์สอดคล้องกับชื่อเรื่อง และระบุตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น
 - 3 หมายถึง ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์สอดคล้องกับชื่อเรื่อง และระบุตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้นและตัวแปรตามครบถ้วน
 - 4 หมายถึง ปัญหาวิจัย/วัตถุประสงค์สอดคล้องกับชื่อเรื่อง ระบุตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปรต้นและตัวแปรตามครบถ้วน และระบุวิธีที่ศึกษา

4. เหตุผลและความจำเป็นในการทำวิจัยมีความสมเหตุสมผล
- | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | เป็นเรื่องที่ไม่มีความจำเป็นในการทำวิจัย |
| 1 | หมายถึง | เป็นเรื่องที่น่าสนใจเพียงอย่างเดียว |
| 2 | หมายถึง | เป็นเรื่องที่ต้องรู้ใหม่ และไม่มีผู้ใดเคยทำมาก่อน |
| 3 | หมายถึง | เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ต้องรู้ใหม่ และไม่มีผู้ใดเคยทำมาก่อน |
| 4 | หมายถึง | เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ต้องรู้ใหม่ ไม่มีผู้ใดเคยทำมาก่อน และเป็นปัญหาเร่งด่วน |
5. สมมติฐานมีความเหมาะสม ชัดเจนตามหลักการวิจัย
- | | | |
|---|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่ระบุสมมติฐานในการวิจัย |
| 1 | หมายถึง | ระบุสมมติฐาน แต่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และไม่ระบุที่มาของสมมติฐาน |
| 2 | หมายถึง | ระบุสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ แต่ไม่ระบุที่มาของสมมติฐาน |
| 3 | หมายถึง | ระบุสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และระบุที่มาของสมมติฐาน |
| 4 | หมายถึง | ระบุสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ระบุที่มาของสมมติฐาน และใช้ภาษาที่กระชับ เข้าใจง่าย |
6. กำหนดขอบเขตของการวิจัยได้อย่างเหมาะสม และมีเหตุผลรองรับ
- | | | |
|---|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่ระบุขอบเขตของการวิจัย |
| 1 | หมายถึง | ระบุขอบเขตของการวิจัยเพียง 1 ส่วนจากกรอบความคิดตามทฤษฎี ตัวแปรที่ศึกษา และประชากรที่ศึกษา |
| 2 | หมายถึง | ระบุขอบเขตของการวิจัยเพียง 2 ส่วนจากกรอบความคิดตามทฤษฎี ตัวแปรที่ศึกษา และประชากรที่ศึกษา |
| 3 | หมายถึง | ระบุขอบเขตของการวิจัยทั้ง 3 ส่วน คือ กรอบความคิดตามทฤษฎี ตัวแปรที่ศึกษา และประชากรที่ศึกษา |
| 4 | หมายถึง | ระบุขอบเขตของการวิจัยทั้ง 3 ส่วน คือ กรอบความคิดตามทฤษฎี ตัวแปรที่ศึกษา และประชากรที่ศึกษา พร้อมทั้งอธิบายว่าผลการวิจัยสามารถสรุปอ้างอิงได้ตามกรอบความคิดตามทฤษฎี |
7. กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยได้อย่างเหมาะสม และมีเหตุผลรองรับ
- | | | |
|---|---------|-------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยหรือไม่จำเป็นต้องมี |
| 1 | หมายถึง | ระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย |
| 2 | หมายถึง | ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยไม่เหมาะสม แต่มีเหตุผลรองรับ |
| 3 | หมายถึง | ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยเหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลรองรับ |
| 4 | หมายถึง | ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยเหมาะสมและมีเหตุผลรองรับ |

8. นิยามศัพท์เฉพาะมีความชัดเจน
- | | | |
|---|---------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการนิยามศัพท์เฉพาะ |
| 1 | หมายถึง | ระบุนิยามศัพท์เฉพาะเชิงทฤษฎี เฉพาะตัวแปรที่ศึกษา แต่ไม่ครบถ้วน |
| 2 | หมายถึง | ระบุนิยามศัพท์เฉพาะเชิงทฤษฎี เฉพาะตัวแปรที่ศึกษาอย่างครบถ้วน |
| 3 | หมายถึง | ระบุนิยามศัพท์เฉพาะเชิงทฤษฎี นิยามเชิงปฏิบัติการ เฉพาะตัวแปรที่ศึกษา แต่ไม่ครบถ้วน |
| 4 | หมายถึง | ระบุนิยามศัพท์เฉพาะเชิงทฤษฎี นิยามเชิงปฏิบัติการ เฉพาะตัวแปรที่ศึกษา อย่างครบถ้วน |
9. กรอบแนวคิดงานวิจัยมีความเหมาะสม และชัดเจน
- | | | |
|---|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่ระบุกรอบแนวคิดงานวิจัย หรือไม่แสดงถึงทฤษฎีหรือหลักฐานที่มาของกรอบแนวคิด |
| 1 | หมายถึง | แสดงถึงทฤษฎีหรือหลักฐานที่มาของกรอบแนวคิดบางส่วน ไม่มีการสังเคราะห์กรอบแนวคิด |
| 2 | หมายถึง | แสดงถึงทฤษฎีหรือหลักฐานที่มาของกรอบแนวคิด แต่ไม่มีการสังเคราะห์กรอบแนวคิด |
| 3 | หมายถึง | แสดงถึงทฤษฎีหรือหลักฐานที่มาของกรอบแนวคิด มีการสังเคราะห์กรอบแนวคิด แต่ไม่แสดงแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้อง |
| 4 | หมายถึง | แสดงถึงทฤษฎีหรือหลักฐานที่มาของกรอบแนวคิด มีการสังเคราะห์กรอบแนวคิด พร้อมแสดงแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้อง |
10. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีปริมาณมากเพียงพอ
- | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจำนวนน้อยกว่า 5 เล่ม |
| 1 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจำนวนตั้งแต่ 5 - 10 เล่ม |
| 2 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจำนวนตั้งแต่ 11 - 15 เล่ม |
| 3 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจำนวนตั้งแต่ 15 - 20 เล่ม |
| 4 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจำนวนมากกว่า 20 เล่ม |

11. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย
- | | | |
|---|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่สอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย |
| 1 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย แต่ให้รายละเอียดไม่ชัดเจน ไม่มีการสังเคราะห์สรุปเนื้อหา |
| 2 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย อธิบายรายละเอียดชัดเจน การสังเคราะห์สรุปเนื้อหาบางส่วน |
| 3 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย อธิบายรายละเอียดชัดเจน การสังเคราะห์สรุปเนื้อหาทุกหัวข้อ แต่เรียบเรียงเนื้อหาไม่กระชับ อ่านเข้าใจยาก |
| 4 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับปัญหา/วัตถุประสงค์งานวิจัย อธิบายรายละเอียดชัดเจน การสังเคราะห์สรุปเนื้อหาทุกหัวข้อ เรียบเรียงเนื้อหากระชับ อ่านเข้าใจง่าย |
12. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความทันสมัย
- | | | |
|---|---------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอายุระหว่าง 1 – 5 ปี |
| 1 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอายุระหว่าง 1 – 5 ปี มีปริมาณน้อยกว่า 30% |
| 2 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอายุระหว่าง 1 – 5 ปี มีปริมาณระหว่าง 30% - 50% |
| 3 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอายุระหว่าง 1 – 5 ปี มีปริมาณระหว่าง 50% - 70% |
| 4 | หมายถึง | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอายุระหว่าง 1 – 5 ปี มีปริมาณมากกว่า 70% ขึ้นไป |
13. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศมีสัดส่วนที่เหมาะสม
- | | | |
|---|---------|---------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศ |
| 1 | หมายถึง | มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศน้อยกว่า 20% |
| 2 | หมายถึง | มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศระหว่าง 20% - 50% |
| 3 | หมายถึง | มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศระหว่าง 51% - 80% |
| 4 | หมายถึง | มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นภาษาต่างประเทศมากกว่า 80% |

14. การออกแบบงานวิจัยสอดคล้องกับปัญหาการวิจัย
- | | | |
|---|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | การออกแบบงานวิจัยไม่สอดคล้องกับปัญหาการวิจัย |
| 1 | หมายถึง | การออกแบบงานวิจัยทำให้ได้แนวทางการวิจัยที่ได้คำตอบตรงประเด็นกับปัญหาวิจัย |
| 2 | หมายถึง | การออกแบบงานวิจัยทำให้ได้ผลการวิจัยที่มีความตรงภายในหรือความตรงภายนอกอย่างใดอย่างหนึ่ง |
| 3 | หมายถึง | การออกแบบงานวิจัยทำให้ได้ผลการวิจัยที่มีความตรงภายใน แต่ไม่มีความตรงภายนอก |
| 4 | หมายถึง | การออกแบบงานวิจัยทำให้ได้แนวทางการวิจัยที่ได้คำตอบตรงประเด็นกับปัญหาวิจัย และผลการวิจัยมีทั้งความตรงภายในและความตรงภายนอก |
15. กำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยได้อย่างชัดเจน
- | | | |
|---|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการอธิบายขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย |
| 1 | หมายถึง | มีการอธิบายขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยที่ประกอบด้วยแผนการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การสร้างและตรวจสอบเครื่องมือ กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล การออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูล แต่ไม่ครบถ้วน |
| 2 | หมายถึง | มีการอธิบายขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยอย่างครบถ้วน แต่มีระบุรายละเอียดเพียงบางหัวข้อ |
| 3 | หมายถึง | มีการอธิบายขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยอย่างครบถ้วน และระบุรายละเอียดทุกหัวข้อ |
| 4 | หมายถึง | มีการอธิบายขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยอย่างครบถ้วน ระบุรายละเอียดทุกหัวข้อ มีการสรุปวิธีการดำเนินงานวิจัยในรูปแบบของตารางหรือแผนภูมิ แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน |

16. ใช้รูปแบบการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างได้เหมาะสมกับการวิจัย
- | | | |
|---|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่ระบุกลุ่มประชากร และไม่ระบุกลุ่มตัวอย่าง |
| 1 | หมายถึง | ไม่ระบุกลุ่มประชากร แต่ระบุกลุ่มตัวอย่าง |
| 2 | หมายถึง | ระบุประชากร ระบุกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่มีการสุ่มตัวอย่าง |
| 3 | หมายถึง | ระบุประชากร ระบุกลุ่มตัวอย่าง มีการสุ่มตัวอย่าง แต่อธิบายรายละเอียดในการสุ่มตัวอย่างไม่ชัดเจน |
| 4 | หมายถึง | ระบุประชากร ระบุกลุ่มตัวอย่าง มีการสุ่มตัวอย่าง อธิบายรายละเอียดในการสุ่มตัวอย่างได้อย่างชัดเจน |
17. กลุ่มตัวอย่างมีการสุ่มและเกณฑ์ในการคัดเลือกที่เหมาะสม ชัดเจน
- | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการระบุการได้มาของกลุ่มตัวอย่าง |
| 1 | หมายถึง | กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกอย่างเจาะจง |
| 2 | หมายถึง | กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มโดยไม่อาศัยหลักความน่าจะเป็น |
| 3 | หมายถึง | กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มโดยอาศัยหลักความน่าจะเป็น และเลือกวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร |
| 4 | หมายถึง | กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มโดยอาศัยหลักความน่าจะเป็น เลือกวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรและให้เหตุผลสนับสนุนต่อการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง |
18. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ
- | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการระบุที่มาของเครื่องมือวิจัย |
| 1 | หมายถึง | ระบุวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัย แต่ไม่บอกคุณภาพ หรือวิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ |
| 2 | หมายถึง | ระบุวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัยเป็นขั้นตอนชัดเจน บอกวิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ แต่ไม่มีการทดลองนำไปใช้งาน |
| 3 | หมายถึง | ระบุวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัยเป็นขั้นตอนชัดเจน บอกวิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ มีการทดลองนำไปใช้งานแต่ไม่ระบุถึงวิธีการปรับปรุงเครื่องมือ |
| 4 | หมายถึง | ระบุวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัยเป็นขั้นตอนชัดเจน บอกวิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ มีการทดลองนำไปใช้งานและระบุถึงวิธีการปรับปรุงเครื่องมือ |

19. กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความชัดเจนและเหมาะสม
- | | | |
|---|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการระบุถึงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล |
| 1 | หมายถึง | การระบุถึงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลบางส่วน แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน |
| 2 | หมายถึง | การระบุถึงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน แต่มีรายละเอียดในแต่ละขั้นไม่ชัดเจน |
| 3 | หมายถึง | การระบุถึงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน มีรายละเอียดในแต่ละขั้นชัดเจน แต่เรียบเรียงเนื้อความไม่กระชับ อ่านเข้าใจยาก |
| 4 | หมายถึง | การระบุถึงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน มีรายละเอียดในแต่ละขั้นชัดเจน เรียบเรียงเนื้อความกระชับ อ่านเข้าใจง่าย |
20. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล
- | | | |
|---|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลไม่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล |
| 1 | หมายถึง | สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลบางส่วน |
| 2 | หมายถึง | สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล และระดับของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ |
| 3 | หมายถึง | สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล ระดับของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ และมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติที่เลือกใช้ |
| 4 | หมายถึง | สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล ระดับของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ มีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติที่เลือกใช้ และปรับแก้ข้อมูลให้สามารถนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐานได้ |
21. การนำเสนอผลการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง ชัดเจน
- | | | |
|---|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล |
| 1 | หมายถึง | มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องการงานวิจัย แต่ไม่ครบถ้วน เช่น แสดงเพียงค่าสถิติพื้นฐานเท่านั้น |
| 2 | หมายถึง | มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องการงานวิจัยครบถ้วน แต่วิธีการนำเสนอไม่เหมาะสม เช่น แสดงเป็นข้อความบรรยายเพียงอย่างเดียว |
| 3 | หมายถึง | มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องการงานวิจัยครบถ้วน มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม เช่น นำเสนอในรูปแบบของตาราง แต่ไม่มีการอธิบายผลการวิเคราะห์ |
| 4 | หมายถึง | มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องการงานวิจัยครบถ้วน มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม เช่น นำเสนอในรูปแบบของตาราง และมีการอธิบายผลการวิเคราะห์ |

22. การแปลผลและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง ชัดเจน
- | | | |
|---|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการแปลผล และ ไม่มีการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล |
| 1 | หมายถึง | มีการแปลผล หรือมีการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นบางส่วน แต่ไม่ถูกต้องตามผลที่วิเคราะห์ได้ |
| 2 | หมายถึง | มีการแปลผล หรือมีการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นบางส่วน และถูกต้องตามผลที่วิเคราะห์ได้ |
| 3 | หมายถึง | มีการแปลผล หรือมีการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นครบทุกส่วน แต่บางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับผลที่วิเคราะห์ได้ |
| 4 | หมายถึง | มีการแปลผล หรือมีการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นครบทุกส่วน และทุกส่วนมีความถูกต้องและสอดคล้องกับผลที่วิเคราะห์ได้ |
23. การสรุปผลการวิจัยมีความถูกต้อง ชัดเจน ครอบคลุม สอดคล้องกับปัญหาวิจัยและวัตถุประสงค์
- | | | |
|---|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่สรุปผลการวิจัย |
| 1 | หมายถึง | สรุปผลการวิจัยไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย หรือข้อมูลที่ได้จากการวิจัย |
| 2 | หมายถึง | สรุปผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย หรือข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเพียงบางส่วน |
| 3 | หมายถึง | สรุปผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ตอบปัญหาการวิจัย ครอบคลุมทุกหัวข้อ แต่ข้อความไม่กระชับ อ่านเข้าใจยาก |
| 4 | หมายถึง | สรุปผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ตอบปัญหาการวิจัย ครอบคลุมทุกหัวข้อ ข้อความกระชับ อ่านเข้าใจง่าย |
24. ข้อเสนอแนะมีความชัดเจน และเป็นประโยชน์
- | | | |
|---|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่มีการเขียนข้อเสนอแนะ |
| 1 | หมายถึง | มีข้อเสนอแนะ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษาวิจัย |
| 2 | หมายถึง | มีข้อเสนอแนะถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ ในลักษณะของข้อคิดเห็นส่วนตัวของผู้วิจัยไม่ได้มาจากการวิจัย |
| 3 | หมายถึง | มีข้อเสนอแนะถึงการนำผลการวิจัยไปใช้มาจากการวิจัยที่ได้ และมีเหตุผลรองรับเพียงพอ |
| 4 | หมายถึง | มีข้อเสนอแนะถึงการนำผลการวิจัยไปใช้มาจากการวิจัยที่ได้ มีเหตุผลรองรับเพียงพอ และมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ |

25. เป็นงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้
- | | | |
|---|---------|--------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ผลวิจัยไม่สร้างองค์ความรู้ใหม่ |
| 1 | หมายถึง | ผลการวิจัยมีประโยชน์ในระดับบุคคล |
| 2 | หมายถึง | ผลการวิจัยมีประโยชน์ในระดับองค์กร/หน่วยงาน |
| 3 | หมายถึง | ผลการวิจัยมีประโยชน์ในระดับจังหวัด |
| 4 | หมายถึง | ผลการวิจัยมีประโยชน์ในระดับประเทศ |
26. รูปแบบรายงานถูกต้องตามหลักวิชาการ
- | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | รูปแบบรายงานถูกต้องเพียง 1 ส่วน คือ บทนำ |
| 1 | หมายถึง | รูปแบบรายงานถูกต้องเพียง 2 ส่วน คือ บทนำ และรายงานเอกสารที่เกี่ยวข้อง |
| 2 | หมายถึง | รูปแบบรายงานถูกต้องเพียง 3 ส่วน คือ บทนำ รายงานเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวิธีการวิจัย |
| 3 | หมายถึง | รูปแบบรายงานถูกต้องเพียง 4 ส่วน คือ บทนำ รายงานเอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการวิจัย และผลการวิเคราะห์ข้อมูล |
| 4 | หมายถึง | รูปแบบรายงานถูกต้องเพียง 5 ส่วน คือ บทนำ รายงานเอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการวิจัย ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปและอภิปรายผล |
27. คุณภาพงานวิจัยในภาพรวม
- | | | |
|---|---------|----------------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | คุณภาพงานวิจัยในภาพรวมอยู่ในระดับต่ำ |
| 1 | หมายถึง | คุณภาพงานวิจัยในภาพรวมอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ |
| 2 | หมายถึง | คุณภาพงานวิจัยในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง |
| 3 | หมายถึง | คุณภาพงานวิจัยในภาพรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง |
| 4 | หมายถึง | คุณภาพงานวิจัยในภาพรวมอยู่ในระดับสูง |

ภาคผนวก ค
รายชื่องานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

รายชื่องานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์

ที่	ชื่อผู้วิจัย/ปีที่วิจัย	ชื่องานวิจัย/มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
1	กรกนก เลิศเดชาภัทร (2559)	ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
2	กฤตกร สภาสันติกุล (2558)	ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3	จงกล บุญรอด (2557)	ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.
4	พจิลักษณ์ ขวัญใจ (2555)	ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
5	สันติชัย อนุวรชัย (2555)	ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
6	สุทธิชาติ เปรมกมล (2558)	ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.
7	สุพัตรา จันทร์โมชนิด (2552)	ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ที่	ชื่อผู้วิจัย/ปีที่วิจัย	ชื่องานวิจัย/มหาวิทยาลัย
8	สุริรัตน์ จุ้ยกระจำง (2553)	ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
9	อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง (2554)	ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนปลาย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น		
10	จรรยาลักษณ์ วรโคตร (2558)	การศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
11	วิริยา ตาสี (2559)	ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กลไก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวคัทลียา สิงห์วี
วัน เดือน ปี เกิด	9 กันยายน 2530
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	51/99 ถนนพัฒนาชนบท 3 แขวงคลองสองต้นนุ่น เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520