ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้าง
คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นายสุทธิชาติ เปรมกมล

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF MODEL-BASED INQUIRY ON ABILITY IN MAKING SCIENTIFIC EXPLANATION AND REASONING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Sutthichart Premkamol

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นายสุทธิชาติ เปรมกมล
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุทธิชาติ เปรมกมล : ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (EFFECTS OF MODEL-BASED INQUIRY ON ABILITY IN MAKING SCIENTIFIC EXPLANATION AND REASONING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี, 109 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 72 คน คือ กลุ่มทดลองเรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 36 คน และกลุ่มเปรียบเทียบเรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป จำนวน 36 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล และหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ ANCOVA

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

2) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

5683403927 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: MODEL-BASED INQUIRY / ABILITY IN MAKING SCIENTIFIC EXPLANATION / REASONING ABILITY

SUTTHICHART PREMKAMOL: EFFECTS OF MODEL-BASED INQUIRY ON ABILITY IN MAKING SCIENTIFIC EXPLANATION AND REASONING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAKOLRAT KAEWDEE, Ph.D., 109 pp.

The purpose of this quasi-experimental research was to investigate the effects of model-based inquiry on ability in making scientific explanation and reasoning ability of lower secondary school students. The sample of 72 ninth-grade students from an extra-large school in Bangkok were composed of two groups, experimental group and comparison group. Thirty-six students in the experimental group learned through model-based inquiry and 36 students in compared group learned through conventional method. The data collecting by a two set of test on ability in making scientific explanation and on reasoning ability. The data were analyzed by using mean, standard deviation, and ACOVA test.

The research findings were summarized as follow:

1) The mean scores of the experimental group on ability in making scientific explanation was 18.55 and at a very good level.

2) The mean scores of experimental group on ability in making scientific explanation was higher than comparison group at a significant level of 0.05.

3) The mean scores of experimental group on reasoning ability post-test was higher than pre-test at a significant level of 0.05.

4) The mean scores of experimental group on reasoning ability was higher than comparison group at a significant level of 0.05.

Chulalongkorn University

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....
Field of Study: Science Education Advisor's Signature .....
Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งในการทำวิจัยและการทำงาน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. อลิศรา ชูชาติ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำสอน และชี้แนะแนวทางการทำวิจัยเป็นอย่างดี รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้ ประสบการณ์ในการเรียนการทำงาน ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและครูทุกท่านในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง และที่สำคัญขอขอบคุณนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2559 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคนในสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ รวมถึงเพื่อนพี่น้อง ในภาควิชาหลักสูตรและการสอนทั้งในระดับปริญญามหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิต ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กันมาโดยตลอด

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยต่อไป สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ตลอดจนญาติพี่น้องในครอบครัว ที่คอยห่วงใย เอาใจใส่ ให้การสนับสนุนในการเรียนมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญแผนภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานการวิจัย 6

ขอบเขตการวิจัย 8

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน 12

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน 12

1.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน 15

1.2.1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 15

1.2.2) แนวคิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 16

1.2.3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง 16

1.3 ลักษณะสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน 17

1.3.1) ลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยา 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

1.3.2) กิจกรรมในการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน....18
1.3.3) บทบาทครูและนักเรียน....20
1.3.4) ขั้นตอนการสอนของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน....25
2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....25
2.1 ความสำคัญและความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....25
2.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....26
2.3 แนวทางการประเมินการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....31
3. ความสามารถในการให้เหตุผล....34
3.1 ความสำคัญและความหมายของความสามารถในการให้เหตุผล....34
3.2 ประเภทของการให้เหตุผล....36
3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผล....38
3.3.1) ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge)....38
3.3.2) ความรู้ด้านองค์ความรู้ (Epistemic knowledge)....39
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....39
4.1 งานวิจัยในประเทศ....39
4.2 งานวิจัยต่างประเทศ....42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย....44
1. รูปแบบการวิจัย....44
2. กลุ่มตัวอย่าง....45
2.1 การเลือกโรงเรียน....45
2.2 การเลือกห้องเรียน....45
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....46
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....47

3.1.1) การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน....47

3.1.2) การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไป....49

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล....49

3.2.1) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....49

3.2.2) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล....51

4. แผนการดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล....53

4.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง....53

4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง....53

4.3 ขั้นเก็บรวมรวมข้อมูล....54

5. การวิเคราะห์ข้อมูล....54

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....54

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการให้เหตุผล....55

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....56

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....60

สรุปผลการวิจัย....60

อภิปรายผล....61

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์....61

2. ความสามารถในการให้เหตุผล....63

ข้อเสนอแนะ....64

1. ข้อเสนอแนะสำหรับผลการวิจัยไปใช้สำหรับครูผู้สอน....64

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป.....64

รายการอ้างอิง.....65

ภาคผนวก.....71

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย.....72

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....74

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....85

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 106

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน 20

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างขององค์ประกอบต่าง ๆ สำหรับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 28

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ Base Rubric CERR 33

ตารางที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design.....44

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ระหว่างนักเรียนห้อง ม.3/1 กับ ม.3/2.....46

ตารางที่ 6 แสดงสาระและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้.....48

ตารางที่ 7 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลอง.....56

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อน($\bar{x}$) และหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม($\bar{x}'$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ หลังเรียน.....57

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ 57

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อน($\bar{x}$) และหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม($\bar{x}'$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังเรียน.....58

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ 59

ตารางที่ 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 107

ตารางที่ 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล..... 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 แสดงกรอบกิจกรรมที่สนับสนุนการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน.....24

แผนภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกลไกการคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่ไม่เหมาะสม.....27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

องค์การส่งเสริมการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Organization for Education; UNESCO) ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของแนวทางการศึกษาโลกสำหรับศตวรรษที่ 21 คือ การสนับสนุนความสำเร็จของการศึกษาเพื่อปวงชน (Education for All) ดังปรากฏในปฏิญญาจอมเทียน (Jomtien Declaration) ในปี ค.ศ. 1990 (UNESCO, 2000b: 3) หัวใจสำคัญของการศึกษาเพื่อปวงชน (Education For All) คือ การให้บุคคลมีการรู้ (Literacy) ซึ่งถือเป็นสิทธิของมนุษย์จึงมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมยุคใหม่ และที่สำคัญคือสามารถช่วยให้เรียนรู้ได้ในอนาคต (Lind, 2008: 11) การรู้เพียงอย่างเดียวคงไม่เพียงพอสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 เพราะเป็นยุคแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นบุคคลจึงจำเป็นต้องมีการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Literacy: STL) คือ ความสามารถที่จะประยุกต์มโนทัศน์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงเจตคติ (attitudes) กับคุณค่า (values) ที่ทำให้แยกแยะได้ว่าการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้นั้นมีความคุ้มค่า (worthwhile) หรือนำไปใช้อย่างไม่เหมาะได้ (UNESCO, 2000a: online)

การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) เป็นความรู้และความเข้าใจมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการที่จำเป็นต่อการสร้างการตัดสินใจส่วนบุคคล การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ สำหรับบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์จะสามารถถาม ค้นหา หรือระบุคำตอบที่ได้มาจากความอยากรู้อยากเห็นในชีวิตประจำวันได้ ทำให้บุคคลนั้นมีความสามารถในการบรรยาย อธิบาย คาดคะเนปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสามารถอ่านบทความทางวิทยาศาสตร์ด้วยความเข้าใจ รวมถึงการมีส่วนร่วมในการสนทนาที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นที่ถกเถียงในสังคม พร้อมทั้งประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงจากหลักฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่ความชัดเจนของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (National Research Council; NRC, 1996: 22) บุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์เป็นบุคคลที่มีความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติโดย

อาศัยมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ และสามารถตัดสินใจโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีคิดที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อบุคคลและสังคมด้วยความรับผิดชอบได้ (American Association for the Advancement of Science; AAAS, 1990: online) จากสภาพสังคมแห่งยุคโลกาภิวัฒน์นี้เอง ประชาชนจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจ ดังนั้นทุกคนจึงสมควรได้รับการเติมเต็มในความเข้าใจและการเรียนรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ การรู้วิทยาศาสตร์นั้นยังมีความสำคัญอีกในการทำงานหลายสาขาอาชีพที่ต้องการทักษะขั้นสูง ความสามารถในการเรียนรู้ การให้เหตุผล การคิดอย่างสร้างสรรค์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้ (Schweingruber, Keller, & Quinn, 2012)

เป้าหมายหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ประเทศไทย คือ การเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบาย โดยจะต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ การได้คำตอบที่ถูกต้องอาจมาจากการใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างกันหลายแบบ และการเลือกกลยุทธ์ต้องเกิดประโยชน์กับผู้เรียนทั้งในด้านการบูรณาการความรู้และการให้เหตุผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552: 6) จะเห็นได้ว่าการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) และการให้เหตุผล (Reasoning) มีความสำคัญที่จะต้องส่งเสริมนักเรียนให้เกิดขึ้น โดยความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ปรากฏอยู่ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติของสหรัฐอเมริกาที่กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่สำคัญ เป็นความสามารถพื้นฐาน และเป็นความเข้าใจพื้นฐานของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนควรที่จะ (1) ให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ช่วยให้สามารถพัฒนาคำอธิบายและประเมินผลคำอธิบายที่มุ่งตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) กำหนดคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (3) กำหนดและปรับแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และรูปแบบการใช้ตรรกะกับหลักฐาน (4) มีความเข้าใจที่ชัดเจนว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับหลักฐาน มีตรรกะที่สอดคล้องกับการโต้แย้ง และใช้หลักการ แบบจำลอง ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (NRC, 1996, 2000 อ้างถึงใน Ruiz-Primo, Li, Tsai, & Schneider, 2010: 584) ส่วนความสำคัญของการให้เหตุผลนั้นเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจพื้นฐานเพียงพอที่จะประเมินข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับทั้งในชีวิตส่วนตัวและชีวิตการทำงาน

รวมถึงทำให้ผู้เรียนสามารถรับรู้และตัดสินปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจ (Giere, 1991: 4)

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Econimic Co-operation and Development; OECD) และสมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educatonal Achievement; IEA) จึงประเมินความสามารถทั้ง 2 ด้วยโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment; PISA) และ โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS)

โดย PISA ในปี ค.ศ. 2015 ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) คือ “ความสามารถในการมีส่วนร่วมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่สะท้อนถึงความเป็นพลเมือง” ดังนั้นบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์จะมีส่วนร่วมในการพูดเชิงเหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น จำเป็นต้องมีสมรรถนะ 3 ข้อ ดังนี้ (1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ตระหนัก นำเสนอ และประเมินคุณค่าคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยีได้ (2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การบรรยายและประเมินคุณค่า การตรวจสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และเสนอแนวทางหาคำตอบเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (3) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การวิเคราะห์และประเมินคุณค่าของข้อมูล ข้อกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งในความหลากหลายของการใช้ตัวแทนข้อมูลและสร้างข้อสรุปเชิงวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมได้ (OECD, 2013: 7)

ส่วน TIMSS ในปี ค.ศ. 2015 มีขอบเขตของการประเมิน 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (Content Domain) มี 4 สาขาวิชาคือ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ 2) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive Domain) 3 ด้าน คือ ความรู้ความเข้าใจ (Knowing) การประยุกต์ความรู้ (Applying) และการให้เหตุผล (Reasoning) (IEA, 2013) ได้กำหนดพฤติกรรมในการให้เหตุผลไว้ว่า เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วลงข้อสรุปและนำความเข้าใจ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ อาจจะนำไปประยุกต์โดยตรงหรือใช้กับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยหรือมีความซับซ้อนได้

ทั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดของพฤติกรรมย่อยไว้ 8 พฤติกรรม ดังนี้ 1) วิเคราะห์ (Analyze) 2) สังเคราะห์ (Synthesize) 3) ตั้งคำถาม สมมติฐาน คำพยากรณ์ (Formulate Questions/Hypothesize/Predict) 4) ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ (Design Investigations) 5) ประเมิน (Evaluate) 6) ลงข้อสรุป (Draw Conclusions) 7) สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize) และ 8) ตรวจสอบ (Justify) (IEA, 2013: 56-57) จึงนับว่าการให้เหตุผลมีความสำคัญที่จำเป็นต้องให้นักเรียนมีความสามารถนี้

จากผลการประเมินของนักเรียนไทยจากการเข้าร่วมโครงการ PISA ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ซึ่งมีการประเมินทุก 3 ปี ได้แก่ ปี ค.ศ. 2000 2003 2006 2009 และ 2012 ปรากฏว่านักเรียนไทยได้คะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจที่กำหนดไว้ 500 คะแนน โดยนักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ย 421 432 429 425 และ 444 ตามลำดับ จัดว่ามีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำ โดยในปี ค.ศ.2012 กลุ่มโรงเรียนสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ได้คะแนน 456 คะแนน ถือว่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจที่กำหนดไว้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556: 18-20) ผลการประเมินนี้เป็นเครื่องชี้วัดว่าประเทศไทยยังอยู่ห่างไกลจากเป้าหมายความเข้มแข็งทางการศึกษาและการเตรียมเยาวชนให้มีศักยภาพในอนาคต จากผลการประเมินดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 22) ได้ให้ความเห็นว่า ข้อสอบแบบนี้เป็นสิ่งที่นักเรียนไทยไม่คุ้นเคย นักเรียนจึงทำคะแนนได้ต่ำมาก เมื่อเทียบกับนักเรียนในหลายประเทศที่นักเรียนเคยถูกฝึกให้ใช้เหตุผล ใช้การวิเคราะห์ และสามารถสร้างคำตอบโดยการเขียนด้วยตนเอง แทนการเลือกตอบ ควรจะได้รับการฝึกฝนให้เคยชินกับการเขียนอธิบาย การให้เหตุผล การอ้างอิงหรือใช้ประจักษ์พยานเพราะสิ่งนี้คือทักษะที่จำเป็นสำหรับชีวิตและการอยู่ในสังคมอย่างเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ

ส่วนการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (TIMSS) ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามโครงการ TIMSS 2007 และ 2011 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์เท่ากับ 471 กับ 451 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติในทุกด้าน โดยมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผล 473 กับ 453 คะแนนตามลำดับ ซึ่ง

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดให้ค่ากลางของคะแนนเท่ากับ 500 คะแนน ของช่วง 0- 1,000 คะแนน โดยโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ได้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ในปี ค.ศ. 2007 เฉลี่ย 474 คะแนน ส่วนปี ค.ศ. 2011 ได้คะแนนเฉลี่ย 464 คะแนน ลดลง 10 คะแนน ส่วนคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผลในปี ค.ศ. 2011 ได้คะแนนเฉลี่ย 465 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556: 21) เพิ่มขึ้น 25 คะแนน จากเดิมในปี ค.ศ. 2007 ได้คะแนน 445 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552: 16)

ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลมีความสำคัญที่จะต้องส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดขึ้นในนักเรียนอย่างมีคุณภาพ Windschitl et al., 2008 จึงได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry; MBI) สามารถพัฒนาให้นักเรียนสร้างคำอธิบายได้เพราะการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองโดยการให้นักเรียนสร้าง (Generating) ทดสอบ (testing) และการแก้ไข (revising) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีจุดหมายเพื่อพัฒนาการอธิบายที่ใช้หลักฐาน (evidence-based explanation) สนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยวิธีการนี้เป็นกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นจริงของนักวิทยาศาสตร์ การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนี้นักเรียนถูกคาดหวังให้ 1) ใช้ความรู้ของแบบจำลองในการทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลของคำทำนายเหล่านั้น 2) ทดสอบคำทำนายที่เป็นไปตามหลักฐานที่ได้มาจากการรวบรวมโดยการสังเกตและทดลอง 3) มีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่รวบรวมได้ซึ่งสามารถอธิบายในรูปแบบของแบบจำลอง 4) พัฒนาการอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง (Nuffield Foundation, 2013: online)

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียน อันเป็นแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้และเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้ลึกซึ้งขึ้น และช่วยให้นักเรียนมีกระบวนการคิดเชิงเหตุผลในการพิจารณาและประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนเป็นอย่างไร

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างกันหรือไม่

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลก่อนและหลังเรียนเป็นอย่างไร

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปจะมีความสามารถในการให้เหตุผลแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลก่อนและหลังเรียนโดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปว่าการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลได้ ดังผลการวิจัยของ Braaten & Windschitl (2011: 661) ที่ได้ให้นักศึกษาครูระดับปริญญาตรีนำการสืบสอบเน้น

แบบจำลองเป็นฐานมาสอนให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 – มัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการสร้างและแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วทำการศึกษาผลการนำไปใช้เป็นระยะเวลา 5 ปี ผลปรากฏว่าครูมีความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนกับครูกลุ่มนี้สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ขณะที่พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาสูงกว่ากลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน และผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างเรียน พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแสดงพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการวิจัยเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสมมติฐานซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย

1. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

1.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2 ลักษณะ ได้แก่

1.1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

1.1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

1.2 ตัวแปรตาม คือ

1.2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.2.2 ความสามารถในการให้เหตุผล

2. เนื้อหาและหัวข้อเรื่องที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกันคือ บทที่ 1 ของหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 5 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่มที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเนื้อหาดังนี้ 1) ผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2) แรงพยุง 3) แรงเสียดทาน และ 4) โมเมนต์ของแรง

3. การจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

4. ระยะเวลา จำนวนคาบเรียนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พัฒนาโดย Windschitl, Thompson, & Braaten (2008) ที่มุ่งให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกและให้ความสำคัญกับลักษณะความรู้วิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยา 5 ประการ คือ ทดสอบได้ แก้ไขได้ อธิบายได้ คาดคะเนได้ และสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ได้ มีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกแนวคิดสำคัญและจัดทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง (Selecting big ideas, Treating them as models) ครูวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตของเนื้อหา

ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น (Attending to student's initial and unfolding ideas) ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความสนใจแล้วนำเสนอความคิดเริ่มต้นโดยใช้แบบจำลอง แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนจัดระเบียบว่า "เรารู้อะไร" และ "เราต้องการรู้อะไร"

ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Investigating science ideas in the classroom) ประกอบด้วยกิจกรรมย่อยดังนี้

1) การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating hypotheses)

2) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence)

3) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing argument)

ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์ (Pressing for explanation) นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้งเพื่อพัฒนาคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่าย

2. วิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนหรือทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน

2. ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง

3. ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาประมวลความรู้เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของบทเรียน

3. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเขียนข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานสนับสนุนและใช้การให้เหตุผลมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งวัดและประเมินโดยใช้แบบวัดเป็นแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 4 ข้อ ทำการเก็บข้อมูลหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม

4. ความสามารถในการให้เหตุผล หมายถึง กระบวนการคิดเชิงเหตุผลในการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจและประเมินข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานผ่านการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดและประเมินโดยใช้แบบวัดแบบวัดเป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 24 ข้อ ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน
    1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน
    1.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน
        1.2.1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์
        1.2.2) แนวคิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์
        1.2.3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง
    1.3 ลักษณะสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน
        1.3.1) ลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยา
        1.3.2) กิจกรรมในการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน
        1.3.3) บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละกิจกรรม
        1.3.4) ขั้นตอนการสอนของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน
2. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.1 ความสำคัญและความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.3 แนวทางการประเมินการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
3. ความสามารถในการให้เหตุผล
    3.1 ความสำคัญและความหมายของความสามารถในการให้เหตุผล
    3.2 ประเภทของการให้เหตุผล
    3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผล
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

การขับเคลื่อนของการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ตระหนักถึงคุณค่าของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมากขึ้น (American Association for the Advancement of Science; AAAS, 1993; National Research Council; NRC, 1996) จึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองโดยที่หลายงานวิจัยนั้นทำขึ้นเพื่อนำทฤษฎีของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมาใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หนึ่งในงานวิจัยเหล่านั้นคือ การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) ของ Windschitl

การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008) เป็นทางเลือกใหม่ของการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสืบสอบมากขึ้น โดยนำแบบจำลองมาเป็นสิ่งดำเนินการการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีความใกล้เคียงกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติจริง สาเหตุที่ Windschitl ได้นำเสนอแนวการสอนแบบการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นก็เพราะว่า การสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (The scientific method) ที่มีมานานนั้น มีข้อจำกัดในทางปฏิบัติที่ไม่มีความเสมือนจริงในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมการทดลองตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นกิจกรรมที่สามารถควบคุมตัวแปรได้ทุกอย่าง ซึ่งในความเป็นจริงการปฏิบัติการทดลองของนักวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย บางครั้งต้องใช้ความรู้เดิมที่มีมาคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น และเมื่อค้นพบองค์ความรู้ใหม่จากการสืบสอบจะต้องนำเสนอต่อสังคมของนักวิทยาศาสตร์โดยจะมีการวิพากษ์จากผู้อื่นต่องานที่ได้นำเสนอจึงจำเป็นที่จะต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างร่วมกับการให้เหตุผล และเป็นประโยชน์ต่อการโต้แย้ง เพื่อให้คำอธิบายปรากฏการณ์นั้นเป็นที่ยอมรับในสังคมวิทยาศาสตร์

จากการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานของนักการศึกษาหลายท่านส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาและส่งเสริมความสามารถต่าง ๆ ดังนี้ (1) ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งขึ้น (2) สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ (3) ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (4) ช่วยให้คิดวิธีการสร้างแบบจำลองประเภทต่าง ๆ ได้

และ (5) ประยุกต์ความรู้ได้ (Campbell, Oh, Maughn, Kiriazis, & Zuwallack, 2015; Wang, Guo, & Jou, 2015; Artdej, Meela, & Sriboonlert, 2014; Ogan-Bekiroğlu & Arslan, 2014; Passmore & Svoboda, 2012; Campbell, Zhang, & Neilson, 2011; Schwarz, 2009; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008; Schwarz & White, 2005; Passmore & Stewart, 2002)

ผู้วิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานไว้ดังต่อไปนี้

Campbell, Oh, Maughn, Kiriazis, & Zuwallack (2015: 161) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือ การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง และให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการทำการสืบสอบเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Xiang & Passmore (2015: 3) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นเปรียบเสมือนแนวการเรียนรู้ที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นศูนย์กลางในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการอธิบาย นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจผ่านกระบวนการการศึกษาของนักวิทยาศาสตรที่สร้างและใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Artdej, Meela, & Sriboonlert (2014: 112) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือแนวการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการที่รวมแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์เข้ากับการปฏิบัติทางวิศวกรรม (Engineering practice) ซึ่งสามารถกระตุ้นนักเรียนให้เรียนรู้มโนทัศน์ โดยเน้นบทบาทของนักเรียนให้เป็นผู้ดำเนินการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลและใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้สามารถอธิบายหลักของมโนทัศน์ได้

Nuffield Foundation (2013: online) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นเป็นทั้งแนวการสอน และตัวแทนเชิงประจักษ์ของวิธีการสร้างคำอธิบายในวิทยาศาสตร์

Campbell, Oh, & Neilson (2012: 2394) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือกลวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบสอบเพื่อที่จะให้นักเรียนได้พยายามสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติแล้วสร้างแบบจำลองพร้อมทั้งแก้ไขแบบจำลองใหม่โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

Campbell, Zhang, & Neilson (2011: 259) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือ กลไกช่วยในการสืบสองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์อย่างลึกซึ้งในเรื่องที่เข้าใจได้ยาก และในขณะเดียวกันยังสามารถสร้างความเข้าใจต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน

Oh & Oh (2011) อ้างถึงใน Wang, Guo, & Jou (2015: 2) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือ กระบวนการที่ให้นักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาคำถามและขั้นตอน การทดลอง ดำเนินการทดลอง สร้างข้อสรุป และสื่อสารข้อสรุปนั้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้วสร้างแบบจำลองรวมทั้งแก้ไขแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

Schwarz (2009: 1) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นคือ แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยจะเน้นที่การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใหม่อีกครั้ง เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Windschitl, Thompson, & Braaten (2008) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นคือ กิจกรรมที่เป็นระบบ มีการอภิปรายในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น พร้อมทั้งส่งเสริมลักษณะของความรู้ทั้ง 5 ขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถทดสอบสมมติฐานได้ ปรับแก้ไขได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ ใช้เหตุผลเพื่อค้นหาแบบแผนสำหรับอธิบายปรากฏการณ์ได้ ใช้ทฤษฎีหรือข้อมูลเชิงประจักษ์มาคาดคะเนปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ และสามารถสร้างคำพยากรณ์ใหม่หรือความเข้าใจใหม่ในปรากฏการณ์ได้

Schwarz, Meyer, & Sharma (2007: 246) การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานคือ แนวการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำความเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาความหมายของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน ข้างต้นสรุปได้ว่า การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการแสดงความคิดความเข้าใจ ที่มีต่อปรากฏการณ์ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนให้สามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่าย

1.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน

การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานได้ให้นักเรียนทำการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบโดยนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองเริ่มต้นที่เกิดจากความเข้าใจเดิมของนักเรียนที่มีต่อปรากฏการณ์นั้น แล้วทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ที่จำเป็นสำหรับใช้ในการอธิบาย ในกระบวนการนี้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจใหม่หรือมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งมากขึ้น ส่งผลให้แบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นต้องถูกปรับแก้ไขตามข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบนั้น เมื่อแก้ไขแบบจำลองเสร็จแล้วก็จะนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 2) แนวคิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

โครงสร้างทางปัญญา (Schema) ของมนุษย์มีการพัฒนาผ่านกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้ปัญญาของบุคคลนั้นอยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) ทิศนา แขมมณี และคณะ (2545: 22-23)

ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการแปลความหมายของแต่ละบุคคลที่ขึ้นอยู่กับการรับรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความสนใจ ตลอดจนภูมิหลังของแต่ละบุคคลที่มีความแตกต่างกัน ถือว่าเป็นเรื่องเฉพาะตน รวมถึงการสร้างความรู้ ความเข้าใจจากประสบการณ์ต่าง ๆ

1.2.2) แนวคิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (National Science Teachers Association; NSTA, 2004) ได้ให้ความหมายการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติและนำเสนอคำอธิบายโดยใช้หลักฐานที่ได้จากการการทำงานของพวกเขามาสนับสนุนคำอธิบายนั้น สำหรับในการศึกษาวิทยาศาสตร์การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นนั้นจะอ้างถึงกิจกรรมที่ให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และทำความเข้าใจวิธีการศึกษาธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์

การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้สะท้อนว่านักวิทยาศาสตร์สามารถทำความเข้าใจธรรมชาติได้อย่างไรและเป็นหัวใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเด็กช่วงอายุน้อยนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม มีการถามคำถามและค้นหาคำตอบของคำถามเหล่านั้น ดังนั้นแล้วเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์การสืบสอบจะเป็นการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เพราะแนวคิดที่ได้เรียนรู้นั้นจะยึดติดกับประสบการณ์ที่ได้ทำการสืบสอบ

การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงการตั้งคำถามและใช้หลักฐานในการสร้างคำตอบให้คำถามเหล่านั้นได้ ในกระบวนการของการเรียนรู้ กลยุทธของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์นั้นจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ที่จะดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมหลักฐานจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย พัฒนาคำอธิบายที่ได้จากข้อมูล และสื่อสารและปกป้องข้อสรุปของพวกเขา

ดังนั้นแล้วครูควรนำการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์และการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง

1.2.3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

Hestenes (2006: 10-11) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาโดยอธิบายทฤษฎีนี้ว่า “เมื่อบุคคลรับรู้ปรากฏการณ์บุคคลจะสร้างความคิดขึ้นมาภายในตนที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด จากนั้นบุคคลจะแสดงแบบจำลองออกมาเป็น

สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่อยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ออกมาเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลได้”

1.3 ลักษณะสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

1.3.1) ลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยา

การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานให้ความสำคัญกับลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยา 5 ประการ (Five epistemic features of scientific knowledge) (Windschitl, Thompson, & Braaten 2008; 944) ได้แก่

1) ทดสอบได้ (Testable) หมายถึง ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของแบบจำลอง ทฤษฎีจะก้าวหน้าได้โดยนำเสนอสมมติฐานใหม่ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ กระบวนการ หรือคุณสมบัติภายในแบบจำลองหรือทฤษฎีนั้น และการใช้วิธีการที่มีความเฉพาะในรูปแบบต่าง ๆ (various domain-specific methods) สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อที่จะประเมินสมมติฐานเหล่านั้น

2) แก้ไขได้ (Revisable) หมายถึง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงเมื่อพบหลักฐานใหม่หรือปรากฏการณ์นั้นถูกสร้างกรอบความคิดในแนวทางที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองเกี่ยวกับจนลศาสตร์ กับ แบบจำลองเกี่ยวกับพลังงานในเรื่องของการถ่ายโอนความร้อน

3) อธิบายได้ (Explanatory) หมายถึง การอธิบายเชิงเหตุผลของเหตุการณ์หรือกระบวนการ เหมือนกับการสะสมการบรรยายรายละเอียดของปรากฏการณ์หรือเป็นการมองหารูปแบบของปรากฏการณ์นั้น

4) คาดคะเนได้ (Conjectural) หมายถึง การคาดคะเนเหตุการณ์หรือกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ความรู้ ทฤษฎี หลักฐานเชิงประจักษ์และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการคาดคะเนนั้นให้มีความน่าเชื่อถือ

5) สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ได้ (Generative) หมายถึง แบบจำลองและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยคาดคะเนและสร้างความเข้าใจใหม่ในปรากฏการณ์และสามารถทดสอบสมมติฐานได้

1.3.2) กิจกรรมในการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

กิจกรรมสำคัญของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 5 กิจกรรม คือ ส่วนที่ 1 นอกห้องเรียน มี 1 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 วิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters) และส่วนที่ 2 ในห้องเรียน มี 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 2 จัดดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ (Organizing what we know and what we want to know) กิจกรรมที่ 3 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating a testable hypothesis) กิจกรรมที่ 4 ค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence) และกิจกรรมที่ 5 สร้างการโต้แย้ง (Constructing a scientific argument) โดยมีรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมดังนี้

กิจกรรมที่ 1 วิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the Broad Parameters)

ครูกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนได้ศึกษาซึ่งอยู่บนพื้นฐานความสนใจของนักเรียนและแนวคิดที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ โดยการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นจะเป็นการศึกษาความเป็นมาของแนวคิดนั้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร โดนปรากฏการณ์ที่ครูคัดเลือกมานั้นต้องสามารถอธิบายได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล

กิจกรรมที่ 2 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

ประกอบด้วย 2 หลักการ ดังนี้

หลักการที่ 1 ครูสร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์และนำเสนอแหล่งข้อมูลหรือประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาตัวแทนความคิดเริ่มต้น ซึ่งในที่นี้คือ แบบจำลองเริ่มต้นของปรากฏการณ์นั้น ตัวอย่างวิธีการสร้างแรงจูงใจ เช่น การอ่าน การชมวีดิทัศน์ การสาธิต และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองก่อนการทดลอง เป็นต้น

หลักการที่ 2 แบบจำลองเริ่มต้นควรจะนำเสนอถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลอง กับศักยภาพในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

กิจกรรมที่ 3 การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

จุดประสงค์ของการสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้คือ เพื่อใช้แบบจำลองให้เป็นที่เชื่อมต่อของชุดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อาจเป็นไปได้หรือชุดเหตุการณ์สำหรับทำการทดสอบ แนวคิดสำหรับการสร้างสมมติฐานนั้นต้องสามารถเข้าใจได้ในบริบทที่นอกเหนือจากแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นและสิ่งสำคัญต้องสามารถทดสอบได้ โดยพื้นฐานแล้วสมมติฐานที่อยู่ในแบบจำลองจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าได้มาอย่างมีหลักการ

โครงสร้างโดยทั่วไปของการสร้างสมมติฐานในโรงเรียนคือ “ถ้า..... ดังนั้น.....” สมมติฐานในลักษณะนี้จะเป็นการพยากรณ์ถึงผลลัพธ์ ที่จะเกิดขึ้นมากกว่าการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรภายในแบบจำลอง ดังนั้นสมมติฐานควรจะเป็นดังนี้ *“ถ้าเชื่อว่า ความสัมพันธ์ของตัวแปรภายในแบบจำลองมีความถูกต้องแล้ว เมื่อทำการสังเกตหรือทดสอบตัวแปรเหล่านั้นภายใต้เงื่อนไขหนึ่ง จะสามารถทำการสังเกตผลลัพธ์นั้นได้”* แล้วให้นักเรียนสร้างสมมติฐานมาแข่งขันกัน เพื่อทำการอธิบายปรากฏการณ์นี้

กิจกรรมที่ 4 การค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

ครูสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลอง และเพื่อระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะกลายมาเป็นหลักฐานสนับสนุนการอธิบายและการโต้แย้ง

กิจกรรมที่ 5 การสร้างการโต้แย้ง (Constructing an Argument)

การโต้แย้งในที่นี้เป็นการโต้แย้งเชิงสาเหตุเชิงประจักษ์ที่จะปฏิเสธข้อกล่าวอ้างในกระบวนการของการอธิบายหรือปฏิเสธสิ่งที่สร้างมาจากสมมติฐานในแบบจำลองดั้งเดิม โดยการโต้แย้งประกอบด้วย 4 ลักษณะดังนี้

1) บรรยายถึงศักยภาพของคำอธิบายในปรากฏการณ์ที่สนใจ

2) ใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนการอธิบาย

3) ยอมรับคำอธิบายอื่น ๆ ที่สามารถอธิบายข้อมูลได้

4) บรรยายวิธีการที่แบบจำลองเริ่มต้นควรเปลี่ยนเมื่อมีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่า

1.3.3) บทบาทครูและนักเรียน

บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละกิจกรรมของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008)

กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. วิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา ครูวิเคราะห์เนื้อหากับความสนใจหรือประสบการณ์ของนักเรียน แล้วเลือกปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถสร้างคำอธิบายได้มากำหนดขอบเขตของเนื้อหา	(1) วิเคราะห์เนื้อหาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง และประสบการณ์กับความสนใจของนักเรียน (2) เลือกปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและสามารถสร้างคำอธิบายได้ (3) กำหนดขอบเขตเนื้อหา	--------
2. การจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร” และ “เราต้องการรู้อะไร” ครูนำเสนอปรากฏการณ์และสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์ โดยครูนำเสนอแหล่งข้อมูลหรือประสบการณ์แล้วใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นซึ่งแบบจำลองนั้นควรจะนำเสนอถึงกระบวนการ คุณสมบัติ	(1) นำเสนอปรากฏการณ์ (2) สร้างแรงจูงใจโดยใช้การอ่านบทความ การชมวีดิทัศน์ การสาธิต และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองก่อนการทดลอง (3) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยแล้วสามารถนำนักเรียนไปสู่การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Tentative model) ได้	(1) แสดงความสนใจในปรากฏการณ์ (2) เชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา (3) สร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Tentative model) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้น

กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้ปรากฏอยู่ในแบบจำลองพร้อมกับมีศักยภาพในการอธิบายปรากฏการณ์ร่วมอยู่ด้วย		
3. การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองเริ่มต้นในการระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่น่าจะมีความเป็นไปได้แล้วนำตัวแปรที่สนใจในแบบจำลองนั้นมาสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้และสามารถนำไปทำความเข้าใจได้ในบริบทอื่น ๆ และให้นักเรียนเลือกสมมติฐานที่คิดว่าสามารถนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ได้	(1) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานและแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อให้นักเรียนได้เลือกมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ (2) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรในแบบจำลองเริ่มต้นและสามารถสร้างสมติฐานจากแบบจำลองเริ่มต้นได้ (3) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสำรวจความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลองเริ่มต้น	(1) เลือกแบบจำลองเริ่มต้นและสมมติฐานที่นักเรียนเชื่อว่าสามารถนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ (2) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองเริ่มต้นที่ได้คัดเลือกมา (3) สำรวจและตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏในแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. การค้นหาหลักฐาน นักเรียนเลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลองเริ่มต้นและใช้ข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบแบบจำลองเริ่มต้น พร้อมทั้งปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้นให้สามารถระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ พร้อมทั้งใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์	(1) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ (2) ใช้คำถามเพื่อสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สามารถทดสอบสมมติฐานได้ (3) จัดเตรียมอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนใช้ศึกษาปรากฏการณ์ (4) ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ	(1) ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ (2) บอกและดำเนินตามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนแบบจำลองเริ่มต้น (3) นำข้อมูลที่ได้จากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบกับแบบจำลองเริ่มต้นพร้อมทั้งใช้ข้อมูลเหล่านั้นปรับแก้ไขแบบจำลอง (4) นำแบบจำลองที่ได้ปรับแก้ไขแล้วมาเขียนอธิบายปรากฏการณ์
5. การสร้างการโต้แย้ง นักเรียนนำเสนอคำอธิบายและแบบจำลองที่ได้ปรับแก้ไขแล้วนำมาให้เพื่อนวิพากษ์ถึงความเหมาะสม ความถูกต้อง ศักยภาพของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ พร้อมทั้งมีการโต้แย้งกันในเชิง	(1) นำอภิปรายผลการศึกษา (2) กระตุ้นให้นักเรียนประเมินคำอธิบายและแบบจำลอง (3) ช่วยเหลือพร้อมให้คำแนะนำ (4) ให้กำลังใจและเสริมแรง	(1) นำเสนอคำอธิบายปรากฏการณ์และแบบจำลองที่ได้ปรับแก้ไขแล้ว (2) ประเมินคำอธิบายและแบบจำลองที่เพื่อนนำเสนอ (3) ตั้งคำถามที่สงสัย (4) สอบถามถึงหลักฐานที่สนับสนุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
เหตุผลที่จะใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่มีอยู่ในคำอธิบายปรากฏการณ์นั้น		(5) ตอบคำถามจากเพื่อน (6) นำข้อมูลที่เป็นข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องที่ได้จากการโต้แย้งมาศึกษาต่อแล้วกลับไปยังกิจกรรมที่ 2 แล้วดำเนินตามขั้นตอนไปเรื่อย ๆ จนสามารถสร้างแบบจำลองและคำอธิบายที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่ายมาอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากกิจกรรมและบทบาทของครูกับนักเรียนในแต่ละกิจกรรมสรุปได้เป็นแผนภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1 แสดงกรอบกิจกรรมที่สนับสนุนการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008: 955)

1.3.4) ขั้นตอนการสอนของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

Braaten, M., & Windschitl, M. (2011: 666) ได้เสนอขั้นตอนและลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน ดังสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกแนวคิดสำคัญและจัดทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง (Selecting big ideas, Treating them as models)

ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น (Attending to student's initial and unfolding ideas)

ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Investigating science ideas in the classroom)

ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์ (Pressing for explanation)

2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.1 ความสำคัญและความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

National Research Council (NRC) (1996: 117, 145) ได้ระบุความสำคัญของการอธิบายว่า บุคคลที่มีการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะมีฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เต็มไปด้วยหลักฐานเชิงตรรกะ มีระดับของการวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง สามารถยอมรับคำวิจารณ์ และมีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตรรกะ หลักฐาน และความรู้ในปัจจุบันได้

การอธิบายในบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Krajcik (2011) การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการอภิปรายหรือการโต้แย้งของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เกิดขึ้นทำไม รวมทั้งเงื่อนไขและผลของเหตุการณ์ที่ทำการสังเกต

Gagnon, M. J., & Abell, S. K. (2008) คำอธิบาย หมายถึง ข้อความที่อธิบายว่าถึงสาเหตุของปรากฏการณ์ โดยมีการระบุหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนการอธิบาย

Chin, C., & Brown, D. E. (2000: 111) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีสาเหตุใดบ้างที่ทำให้ปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้น

จากการศึกษาความหมายของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) หมายถึง ความสามารถในการเขียนข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานสนับสนุนและใช้การให้เหตุผลมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้

2.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill & Krajcik (2011: 22-26) ได้กำหนดองค์ประกอบของการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อความที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหา

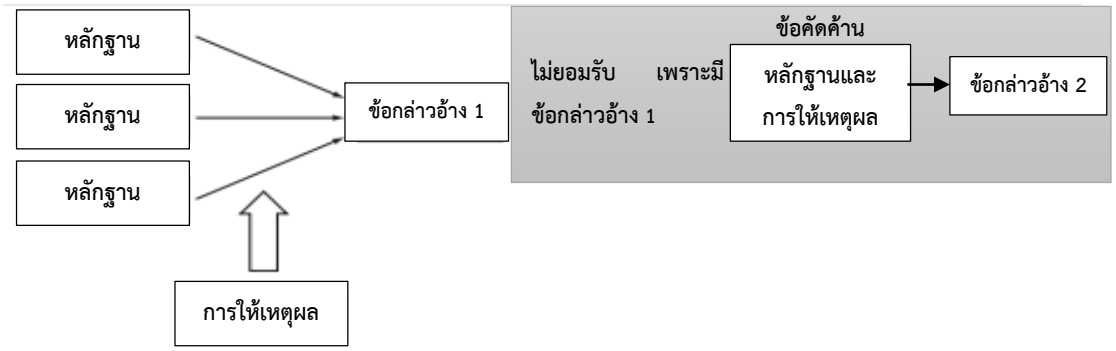
2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยสามารถนำมาจากการที่นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบ (Investigation) หรือจากงานวิจัยและหนังสือที่ได้ให้ข้อมูลไว้

3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลว่าหลักฐานที่ใช้นั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร รวมถึงการนำหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนนำมาประยุกต์ให้เกิดความเข้าใจในข้อมูล

4) ข้อคัดค้าน (Rebuttal) คือ การบรรยายข้อกล่าวอ้างทางเลือก (Alternative claim) โดยให้หลักฐานและเหตุผลใหม่มาคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่ไม่เหมาะสม

โดยแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแผนภาพที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกลไกการคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่ไม่เหมาะสม

จากแผนภาพข้อกล่าวอ้าง 1 ใช้การให้เหตุผลมาเชื่องโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่ปรากฏในการใช้เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 1 แต่เมื่อมีหลักฐานและการให้เหตุผลใหม่เกิดขึ้นแล้วสามารถสร้างเป็นข้อกล่าวอ้าง 2 จึงเกิดเป็นข้อคัดค้านต่อข้อกล่าวอ้าง 1 ว่าไม่มีความเหมาะสมในการอธิบายปรากฏการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างขององค์ประกอบต่าง ๆ สำหรับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ McNeill & Krajcik (2011: 30)

คำถาม	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อคัดค้าน
ฟิสิกส์ มวลมีผลต่อการตกของวัตถุหรือไม่	ไม่ เพราะว่ามวลไม่มีผลต่อการตกของวัตถุ	อิฐที่มีมวลต่างกัน (20g 30g 44g 123g และ142g) โดยการตกของอิฐทั้ง 5 ก้อนมีเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกันระหว่าง 1.5 -1.8 วินาที	เนื่องจากอิฐมีมวลต่างกันแต่ใช้เวลาเกือบจะเท่ากันในการตก ทำให้รู้ว่ามวลไม่มีผลต่อการตกของวัตถุใด ๆ	บางคนอาจคิดว่ามวลมีความสำคัญเพราะว่าแผ่นกระดาษจะตกช้ากว่าลูกเบสบอล แต่อาจต้องมีคุณลักษณะหรือสมบัติอื่นๆของกระดาษที่นอกเหนือจากมวลที่เป็นสาเหตุว่าทำไมกระดาษจึงตกช้ากว่า
เคมี เกิดกระบวนการใดขึ้น (การเปลี่ยนสถานะของสาร หรือปฏิกิริยาเคมี)	เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น	ก่อนหน้านี้เหรียญมีสีน้ำตาลแดงซึ่งไม่ละลายในน้ำและมีความหนาแน่น 8.96 g/cm^3 หลังจากการทดลองพบว่ามีของแข็งสีเขียวเกิดขึ้น ละลายน้ำได้และมีความหนาแน่น 1.88 g/cm^3 ดังนั้น สี การละลายน้ำ และความหนาแน่นมีการเปลี่ยนแปลงไป	สี การละลายน้ำ และความหนาแน่น เป็นสมบัติทางกายภาพ เมื่อสมบัติเหล่านั้นเปลี่ยนไป จึงทำให้รู้ว่ามีสารใหม่เกิดขึ้นซึ่งหมายความว่าเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นแล้ว โดยเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นจะได้สารใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม	คำอธิบายที่ 2 สามารถอธิบายได้ว่าของผสมถูกทำให้เกิดขึ้น คำอธิบายที่ 3 คือ การเปลี่ยนสถานะของสาร ทันทีที่มีสารใหม่เกิดขึ้นมันไม่ได้เป็นของผสมหรือการเปลี่ยนสถานะของสาร ของผสมอาจเป็นการรวมกันของสารเดิมและการเปลี่ยนสถานะอาจเป็นสารเดิมในสถานะที่ต่างออกไป

คำถาม	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อคัดค้าน
ชีววิทยา จะเกิดอะไรขึ้นกับประชากรปลาฉลามเมื่อประชากรแพลงตอนพืช (Phytoplankton) ตายหมด	ประชากรปลาฉลามจะตายหมด	ปลาฉลามกินปลาชนิดอื่นๆ เช่น ปลาทะเล (Ocean fish)และปลาน้ำลึกที่มีแสง (Lantern fish) ซึ่งปลาเหล่านี้กินสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น กุ้งและแพลงตอนสัตว์กลุ่ม Copepod โดยสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนี้ก็ไปกินแพลงตอนพืชอีกทีหนึ่ง	แพลงตอนพืชเป็นผู้ผลิตโดยใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตอื่นทั้งหมดในสายใยอาหารต้องพึ่งพาแพลงตอนพืชเหล่านี้ ถึงแม้ว่าพวกมันจะไม่ได้กินแพลงตอนพืชโดยตรง ถ้าแพลงตอนพืชตาย ผู้บริโภคลำดับที่ 1 (กุ้งและแพลงตอนสัตว์กลุ่ม Copepod) จะตายเนื่องจากพวกมันไม่มีอาหาร ส่งผลต่อผู้บริโภคลำดับที่ 2 (ปลาทะเลและปลาน้ำลึกที่มีแสง) ก็จะตายด้วย เป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาฉลามขาดอาหารจนตายด้วย	อาจคิดว่าประชากรปลาฉลามไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากพวกมันไม่ได้กินแพลงตอนพืชเป็นอาหารแต่พวกมันจะตายเพราะพวกมันกินสัตว์อื่นที่กินแพลงตอนพืชเป็นอาหาร

คำถาม	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อคัดค้าน
โลกศาสตร์ แกรนด์แคนยอน (Grand Canyon) เกิดขึ้นได้อย่างไร	แกรนด์แคนยอนเกิดจากการไหลผ่านของสายน้ำแล้วกัดเซาะดิน	ชั้นดินในแกรนด์แคนยอนมีความแข็งไม่สามารถดูดซับน้ำได้และมีพืชที่ยึดดินไว้น้อย เมื่อฝนตกหนักที่บริเวณนั้นจะเกิดน้ำท่วมฉับพลันแล้วน้ำจะไหลลงสู่ด้านข้างของแกรนด์แคนยอนไปยังแม่น้ำโคโลราโด	การเคลื่อนที่ของน้ำทำให้เกิด การกัดเซาะ ทำให้เกิด การเคลื่อนย้ายตะกอนบนผิวโลกสำหรับแกนรด์แคนยอนนั้น น้ำทำให้ดินและหินเคลื่อนย้ายจากบริเวณที่ถูกชะล้างไปสู่แม่น้ำโคโลราโด	อาจคิดว่าแกรนด์แคนยอนเกิดจากแผ่นดินไหวที่รุนแรง แต่แกรนด์แคนยอนไม่ได้อยู่ใกล้บริเวณการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกใด ๆ นอกจากนี้แผ่นดินไหวในรัฐโคโลราโดแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย จึงไม่มีแนวโน้มที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงได้ จากสถิติที่ถูกบันทึกไว้ความรุนแรงที่พบมากที่สุดของแผ่นดินไหวบริเวณนั้นมีค่าเท่ากับ 6.6 ริกเตอร์

2.3 แนวทางการประเมินการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill & Krajcik (2008: 8-13) ได้แนะนำแนวทางการประเมินโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ระบุเนื้อหาที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประเมิน

การแปลความหมายมาตรฐานการเรียนรู้จะช่วยให้สามารถ

1) แยกมาตรฐานออกมาแล้วเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2) สร้างมโนทัศน์ให้ชัดเจนขึ้น

3) พิจารณาถึงมโนทัศน์อื่น ๆ ที่จำเป็นได้

4) เชื่อมโยงกับมาตรฐานอื่น ๆ ได้

2. ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

การปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การออกแบบ การสร้างแบบจำลอง และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. สร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้

การกำหนดวัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวเชื่อมให้นักเรียนประยุกต์เนื้อหาเข้ากับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

4. สร้างแบบประเมิน

แบบประเมินต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นเนื้อหาและความเข้าใจคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ให้สร้างผลงานตามวัตถุประสงค์ได้

5. ทบทวนแบบประเมิน โดยใช้คำถามดังนี้

1) ความรู้จำเป็นต้องตอบสนองต่อผลงานอย่างถูกต้องหรือไม่

2) ความรู้เพียงพอที่จะตอบสนองต่อผลงานหรือไม่ หรือการเพิ่มเติมความรู้เป็นสิ่งจำเป็นหรือไม่

3) แบบประเมินและบริบทสอดคล้องกับนักเรียนหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทบทวนจะช่วยให้ครูทราบว่าแบบประเมินสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ประสงค์การเรียนรู้หรือไม่และแบบประเมินนั้นสามารถประเมินนักเรียนได้จริงหรือไม่

6. การพัฒนา Rubric ให้มีความจำเพาะต่อวิชา

Rubric ที่มีความจำเพาะต่อวิชาจะแตกต่างจาก Rubric พื้นฐานคือ Rubric พื้นฐานจะบอกการประเมินอย่างคร่าว ๆ แต่ Rubric ที่มีความจำเพาะต่อวิชาจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเนื้อหาความรู้ที่นักเรียนควรนำมาใช้นั้นเป็นอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ Base Rubric CERR สำหรับข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) การให้เหตุผล (Reasoning) ข้อคัดค้าน (Rebuttal) McNaill & Krajcik (2012: online)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ข้อความหรือข้อสรุปที่ตอบคำถามหรือปัญหาที่ได้ถามและเสนอไป	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้าง หรือสร้างข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยข้อมูลจำเป็นต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้	ไม่ให้หลักฐานหรือให้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	ให้หลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (อาจรวมถึงหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม)	ให้หลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning) การตัดสินที่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ถูกใช้เป็นหลักฐานและเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอได้อย่างไร	ไม่ให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่สัมพันธ์กับหลักฐานที่นำมากล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานซ้ำและเชื่อมโยงไปยังข้อกล่าวอ้างได้ (อาจรวมถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์บางอย่างแต่ไม่เพียงพอ)	ให้เหตุผลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ซึ่งสัมพันธ์กับหลักฐานที่ใช้กล่าวอ้างรวมถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ
ข้อคัดค้าน (Rebuttal) ตระหนักและบรรยายถึงคำอธิบายทางเลือกพร้อมทั้งให้แสดงหลักฐานเพื่อยืนยันร่วมกับการให้เหตุผลว่าทำไมคำอธิบายทางเลือกถึงไม่เหมาะสม	ไม่ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือกและไม่ให้ข้อคัดค้าน หรือมีข้อคัดค้านที่ไม่ถูกต้อง	ตระหนักถึงคำอธิบายทางเลือกและแสดงหลักฐานที่ร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอในข้อคัดค้าน	ตระหนักถึงคำอธิบายทางเลือกและแสดงหลักฐานที่ร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสมและเพียงพอในข้อคัดค้าน

3. ความสามารถในการให้เหตุผล

3.1 ความสำคัญและความหมายของความสามารถในการให้เหตุผล

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ความสามารถหนึ่งที่สำคัญคือ การให้เหตุผล โดย Giere (1991) กล่าวว่า ผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น ไม่มีใครที่ไม่ให้ความสนใจเนื่องจากสิ่งเหล่านี้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของเราให้มีความสะดวกสบายขึ้น ด้วยเหตุนี้เองข้อมูลข่าวสารทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ได้ถูกนำเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ มากมาย เช่น โทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ นิตยสาร เป็นต้น พวกเราจึงจำเป็นต้องมีวิจารณญาณในการรับข่าวสาร สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องมีคือ มโนทัศน์ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ และทักษะในการประเมินข้อมูลที่ได้รับมา ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่จะพัฒนาบุคคลให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการให้เหตุผลเพื่อให้แต่ละบุคคลสามารถนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในการประเมิน PISA 2015 ที่จัดขึ้นโดย OECD (2013: 16) กล่าวว่า สมรรถนะหนึ่งในการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การแปลความหมายข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ (Interpret data and evidence scientifically) ซึ่งในสมรรถนะนี้ประกอบด้วยความสามารถย่อย ดังนี้ 1) ถ่ายโอนข้อมูลจากตัวแทนหนึ่งไปยังอีกตัวแทนหนึ่งได้ 2) วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม 3) ระบุสมมติฐาน หลักฐาน และให้เหตุผลในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ 4) แยกแยะระหว่างการโต้แย้งที่อยู่บนฐานของวิทยาศาสตร์กับทฤษฎีที่อยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาอื่น ๆ ได้ 5) ประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น หนังสือพิมพ์ อินเตอร์เน็ต วารสาร เป็นต้น

โดยสมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับการประเมินข้อสรุปทางเลือก (alternative conclusions) โดยใช้หลักฐานซึ่งหลักฐานนี้มาจากการให้เหตุผลว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปที่ได้จากการใช้ความรู้และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ อีกทั้งสามารถระบุสมมติฐานให้กลายเป็นข้อสรุปได้ สรุปแล้วการรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลควรที่จะสามารถระบุการเชื่อมโยงอย่างมีตรรกะหรือระบุการเชื่อมโยงที่บกพร่องระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้

นักการศึกษาด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลดังนี้

Kisiel, Rowe, Vartabedian, & Kopczak (2012: 1048) การให้เหตุผล คือ การแสดงออกทางความคิดที่ได้จากการรวบรวมและใช้หลักฐานสำหรับการคิดและการสื่อสาร เช่น การสร้างการโต้แย้ง การนำเสนอกรณีศึกษา และการระบุเหตุผล เป็นต้น

Lawson (2010) การให้เหตุผล หมายถึง การคิดของมนุษย์ที่ใช้แสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น การรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ จนกระทั่งสามารถลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

Giere (1991: 1-9) การให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถในการคิดเชื่อมโยงระหว่างหลักการโดยทั่วไป (general principles) กับตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม(concrete example) และยังเป็นกระบวนการที่ใช้ในการค้นพบองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเป็นวิธีการเรียนรู้เพื่อทำความเข้าใจและประเมินข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยปัจจัยที่สำคัญ คือ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตรรกวิทยา การให้เหตุผลของมนุษย์ ความเป็นไปได้เชิงสถิติ และการตัดสินใจ เป็นต้น รวมไปถึงองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดการให้เหตุผลได้นั้น คือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ รูปแบบของหลักการหรือทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ ข้อมูลของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และการทำนายปรากฏการณ์หรือการลงข้อสรุป เป็นต้น

Lawson (1985: 571) การให้เหตุผล คือ ความสามารถในการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ธรรมชาติผ่านการตั้งสมติฐานและทดสอบสมติฐาน

จากการศึกษาความหมายของการให้เหตุผล สรุปว่า การให้เหตุผล หมายถึง กระบวนการคิดเชิงเหตุผลในการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจและประเมินข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานผ่านการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ประเภทของการให้เหตุผล

วิชัย เสวกงาม (2557: 2-6) ได้แบ่งการให้เหตุผลออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning)

เป็นการให้เหตุผลที่เริ่มต้นด้วยการอ้างถึงกฎไปยังการยืนยันผลสรุปที่เฉพาะเจาะจง โดยการนิรนัยนั้นเป็นการยืนยันข้อสรุปที่เฉพาะเจาะจงจากกฎหรือข้อสรุปที่เป็นนัยโดยทั่วไป ถ้ากฎหรือข้อสรุปที่เป็นนัยโดยทั่วไปที่นำมาอ้างนั้นเป็นจริงแล้วข้อสรุปที่เกิดขึ้นต้องเป็นจริงด้วยและข้อสรุปนั้นต้องเป็นไปตามข้ออ้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning)

เป็นการให้เหตุผลที่เริ่มต้นด้วยการสังเกตที่มีความเฉพาะเจาะจงและจำกัดอยู่ในขอบเขตและวิธีการที่จะได้ข้อสรุปทั่วไปที่อาจเป็นไปได้ แต่อาจจะเกิดข้อผิดพลาด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ กล่าวได้ว่าการให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการอ้างข้อเท็จจริงเฉพาะย่อย ๆ ไปสู่ข้อสรุปที่เป็นนัยโดยทั่วไป การวิจัยทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากดำเนินการให้เหตุผลด้วยวิธีนี้ เพราะเป็นการรวบรวมหลักฐานเพื่อมองหารูปแบบแล้วตั้งสมมติฐาน จากนั้นจึงทดสอบแล้วพัฒนาเป็นทฤษฎีเพื่ออธิบายสิ่งที่ค้นพบ ดังนั้น การให้เหตุผลแบบอุปนัยเรียกได้ว่าเป็นการอ้างเหตุผลในชีวิตประจำวัน เกี่ยวข้องกับการลงข้อสรุปที่มีความไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเหตุผล ความน่าจะเป็น รวมถึงข้อสรุปที่มีแนวโน้มเหมาะสมและน่าเชื่อถือเชื่อ

3) การให้เหตุผลเชิงอธิบาย (Abductive Reasoning)

เป็นการให้เหตุผลที่พิจารณาข้ออ้างที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดในการได้มาซึ่งข้อสรุปหรือเป็นการคาดเดาเหตุการณ์อย่างมีหลักการที่เป็นการอธิบายข้อสรุปที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เป็นแค่เพียงการพิจารณาถึงความน่าจะเป็นแต่ไม่ยืนยันว่าเป็นเหตุการณ์ที่ถูกต้อง มักจะเริ่มต้นด้วยชุดที่ไม่สมบูรณ์ของการสังเกตและวิธีการที่จะอธิบายความเป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับชุดที่ไม่สมบูรณ์นั้น การให้เหตุผลเชิงอธิบายทำให้การตัดสินใจที่ดีที่สุดในชีวิตประจำวันขึ้นกับข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งมักจะไม่สมบูรณ์

4) การให้เหตุผลเชิงอุปมา (Analogical Reasoning)

เป็นวิธีการประมวลผลข้อมูลที่เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างแนวคิดใหม่กับแนวคิดที่เข้าใจแล้ว และใช้ความคล้ายคลึงกันนั้นเพื่อให้เข้าใจแนวคิดใหม่ การให้เหตุผลเชิงอุปมาเป็นรูปแบบของการให้เหตุผลแบบอุปนัยแบบหนึ่งที่มุ่งหวังจะทำความเข้าใจในสิ่งที่มีความเป็นไปได้ที่จะ

เป็นจริงมากกว่าการนิรนัยเพื่อพิสูจน์สิ่งที่เป็นจริง การให้เหตุผลเชิงอุปมานี้สามารถนำมาใช้เป็นวิธีการเรียนรู้ข้อมูลใหม่และเป็นส่วนหนึ่งของการอ้างเหตุผลที่ใช้อย่างแพร่หลาย

5) การให้เหตุผลเชิงจริยธรรม (Moral Reasoning)

เป็นกิจกรรมทางจิตสำนึกที่ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงในการกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับผู้คนเพื่อให้สามารถเข้าถึงการตัดสินทางจริยธรรม เหตุผลเชิงจริยธรรมช่วยในการตัดสินใจว่าควรทำหรือไม่ควรทำอะไรเพื่อดำรงไว้ซึ่งจริยธรรม

Lawson (2010: 338-341) ได้ให้รูปแบบของการให้เหตุผลไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้

1) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction)

เป็นการสร้างสมมติฐานจากการสังเกตปัญหา (Puzzling observation) แล้วกลายเป็นคำอธิบายที่ได้จากการสังเกตซึ่งถูกรวบรวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อธิบายได้ (declarative knowledge)

2) การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction)

เป็นการนำสมมติฐานมาทำการทดสอบข้อกล่าวอ้าง โดยสมมติฐานนั้นเป็นการคาดคะเนเงื่อนไขของปรากฏการณ์เพื่ออธิบายข้อเท็จจริงจากหลักฐานที่สามารถยืนยันได้ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นลักษณะในการประเมินค่าการอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้น

3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction)

เป็นการสร้างการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือโดยอาศัยการพยากรณ์เพื่อให้ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction)

เป็นการลงข้อสรุปหรือลงข้อสรุป

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-76) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลไว้ 3 แบบ ดังนี้

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction / Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง นั่นก็คือการใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี และกฎอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่ที่ได้จากเหตุผลเชื่อมโยงความรู้ที่ปรากฏ

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction / Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือการสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

3) การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย หรือวิธีการนิรนัย-อุปนัย (Inductive-Deductive Method) เป็นกระบวนการคิดที่เริ่มจากการสังเกตแล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นก็คือการคิดหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ และทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ศึกษาได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ อีกนัยหนึ่งคือ ถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไปสู่เรื่องเฉพาะเจาะจงซึ่งก็คือการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผล

Osborne (2013: 273-276) ได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge) และความรู้ด้านองค์ความรู้ (Epistemic knowledge) มาเป็นองค์ประกอบในการวัดและประเมินการให้เหตุผลของนักเรียน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1) ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge) ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล 2) การพัฒนาแบบจำลองที่สามารถทดสอบได้ 3) การออกแบบการสำรวจตรวจสอบได้อย่างเหมาะสม 4) การสร้างคำอธิบาย และ 5) การแปลความหมายแบบเรียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ความหมายของคำวิจารณ์ทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่สำคัญของความรู้ด้านกระบวนการในการให้เหตุผล คือ “หลักฐาน (Evidance)” ที่ได้มาจากการศึกษา

การประเมินด้านนี้จะทดสอบความสามารถของนักเรียนในการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะระบุข้อบกพร่องในการเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลหรือระบุข้อบกพร่องในการออกแบบการทดลอง และสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยให้เหตุผลว่าทำไมการแปลความหมายของชุดข้อมูลหนึ่งหรือการออกแบบการทดลองหนึ่งดีกว่าการแปลความหมายและการออกแบบการทดลองอื่นๆ ได้ นักเรียนจึงควรได้รับโอกาสในการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติในเรื่องของการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล พร้อมทั้งสร้างและประเมินรูปแบบการทดลอง ดังนั้นการประเมินในด้านนี้ควรที่จะต้องการให้นักเรียนประเมินการแปลความหมายชุดข้อมูลว่าควรจะสื่อสารได้

3.3.2) ความรู้ด้านองค์ความรู้ (Epistemic knowledge) ในด้านนี้เป็นการให้เหตุผลเพื่อทำความเข้าใจว่าทำไมเราจึงเชื่อในข้อกล่าวอ้าง (Claim) ซึ่งจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์และข้อเท็จจริงที่ถูกใช้ในข้อกล่าวอ้างนั้น รวมทั้งจำเป็นที่ต้องรู้ข้อมูลและแบบจำลองที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูลและสนับสนุนข้อสรุปด้วยเช่นกัน ดังนั้นแล้วการประเมินในด้านนี้ควรที่จะต้องการให้นักเรียนประเมินองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในข้อกล่าวอ้างนั้นได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

Artdej, Meela, & Sriboonlert (2014) ได้ทำการวิจัยโดยจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 27 คน ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2556 ในรายวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส โดยมีมโนทัศน์ย่อยดังนี้ กฎของบอย กฎของชาร์ล และการแพร่ของแก๊ส ดำเนินการสอนเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานโดยใช้แบบทดสอบ ผลที่เกิดขึ้นพบว่าหลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานแล้วนักเรียนสามารถให้เหตุผลและให้คำตอบเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่วนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนลดลง

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ซึ่งศึกษาในภาคเรียนต้น ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ซึ่งศึกษาในภาคเรียนปลาย ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 ห้องเรียน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พรเทพ จันทรา อุกฤษฎ์ (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในกรุงเทพมหานคร ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองสรุปได้ ดังนี้ 1) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 60.2 ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาสูงกว่ากลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน และผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างเรียน พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแสดงพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พจีลักษณ์ ขวัญใจ (2556) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพานทองสภาชนูปถัมภ์ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุหลาบวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จัดอยู่ในความสามารถระดับดี และได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จัดอยู่ในความสามารถระดับดี 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

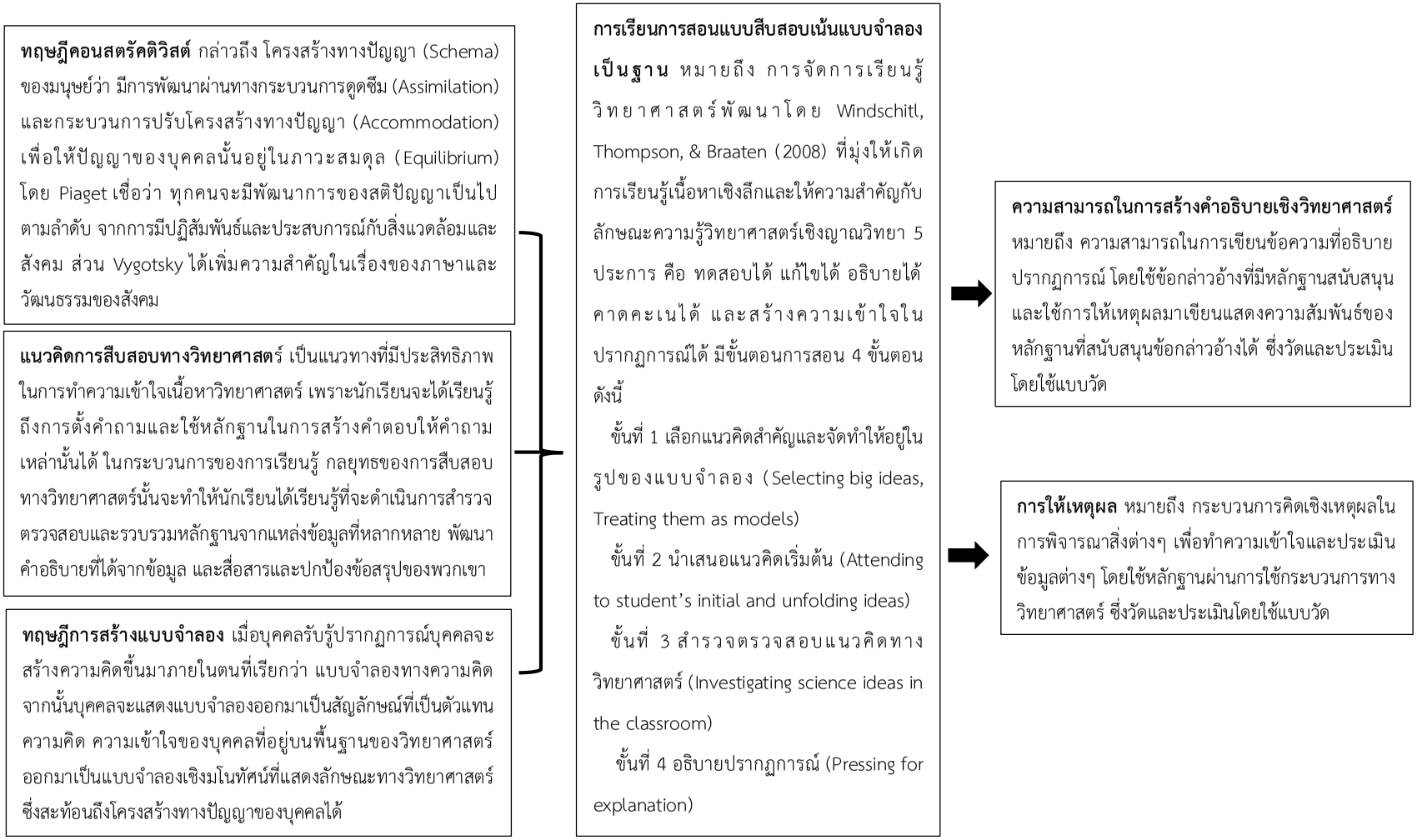
4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Wang, Guo, & Jou (2015) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อทักษะการสืบสอบของนักเรียนในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่อง แสงและการมองเห็น กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 145 คน โดยแบ่งทำออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนด้วยการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป กลุ่มที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาฟิสิกส์ และกลุ่มที่ด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานกับปฏิบัติการในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและการมองเห็น ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการวิจัย ผลที่เกิดขึ้นปรากฏว่านักเรียนชายมีทักษะกระบวนการและทักษะความเข้าใจดีกว่านักเรียนหญิง ในขณะที่นักเรียนหญิงมีเจตคติต่อการเรียนและการสื่อสารที่ดีกว่านักเรียนชาย

Ogan-Bekiroğlu & Arslan (2014) ได้ศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรู้เชิงมโนทัศน์ของนักศึกษาครูวิชาฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 ในมหาวิทยาลัยของรัฐ ประเทศอิสราเอล โดยเรียนสัปดาห์ละ 2 ชม. จำนวน 10 สัปดาห์ ผลที่เกิดขึ้นพบว่า การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา แต่ไม่ทำให้นักศึกษาเปลี่ยนความรู้เชิงมโนทัศน์ได้ในเนื้อหาที่นักศึกษารู้อยู่แล้ว

Braaten & Windschitl (2011) ได้ให้นักศึกษาครูระดับปริญญาตรีนำการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมาสอนให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 – มัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการสร้างและแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วทำการศึกษาผลการนำไปใช้เป็นระยะเวลา 5 ปี ผลปรากฏว่าครูมีความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนกับครูกลุ่มนี้สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีรูปแบบการวิจัยเป็น Two Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มเปรียบเทียบเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design

กลุ่มทดลอง	O_1---------- X ----------O_2 O_3
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1---------- Y ----------O_2 O_3

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลก่อนเรียน

X หมายถึง การเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

Y หมายถึง วิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียน

O_3 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ เลือกโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 เป็นแหล่งของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่เปิดสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ซึ่งมีจำนวนห้องมากเพียงพอต่อการใช้เก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ได้รับการสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกห้องเรียน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งมีจำนวนห้องเรียนทั้งหมด 12 ห้องเรียน จากนั้นเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง 2 ห้องเรียนโดยทำการดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างด้วยการทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

(1) ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนที่มีจำนวนนักเรียนเท่ากันคือ ม.3/1 และ ม.3/2 ซึ่งมีจำนวนนักเรียนห้อง 36 คนเท่ากันทั้ง 2 ห้อง

(2) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่ผ่านมา คือ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง มาทดสอบความเท่าเทียมกันของห้องเรียนด้วยสถิติทดสอบ Levene Statistic และ F test ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ระหว่างนักเรียนห้อง ม.3/1 กับ ม.3/2

ห้อง	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	Levene Statistic	Sig	F	Sig
ม.3/1	78.89	6.07	0.90	0.34	5.33	0.02*
ม.3/2	81.97	5.22				

* P < 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งเป็นผลการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาของนักเรียนห้อง ม.3/1 กับ ม.3/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง มีความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในแต่ละห้องเท่ากัน แต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าทั้ง 2 ห้อง ไม่มีความเท่าเทียมกัน ดังนั้นจึงใช้สถิติทดสอบ ANCOVA มาขจัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจส่งผลต่อตัวแปรตามออก

(3) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับสลาก ผลปรากฏว่าห้อง ม.3/2 เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง ม.3/1 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ มี 2 แบบ ดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

3.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.2.2 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1) การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนที่ใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry: MBI) ตาม Braaten, M., & Windschitl, M. (2011) และ Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008) ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกแนวคิดสำคัญและจัดทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง โดยขั้นนี้ครูวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตของเนื้อหา

ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร” และ “เราต้องการรู้อะไร” ตรงกับลักษณะของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ (Testable)

ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องได้แก่ การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ การค้นหาหลักฐาน และการสร้างข้อโต้แย้ง ตรงกับลักษณะของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถแก้ไขได้ (Revisable)

ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์ มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนพัฒนาคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่ายตรงกับลักษณะของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในรูปแบบของการอธิบาย (Explanatory) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการคาดคะเนและพยากรณ์ (Conjectural) และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความเข้าใจและสมมติฐานใหม่ (Generative)

(2) คัดเลือกเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิเคราะห์จากหลักสูตรแกนกลางและหลักสูตรสถานศึกษา ในภาคเรียนที่ 1 ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงและการเคลื่อนที่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานและพลังงาน และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พลังงานไฟฟ้า

(3) กำหนดจำนวนคาบเรียน ในแต่ละหัวข้อ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงสาระและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงและการเคลื่อนที่		
1	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	3
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	3
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	2
4	แรงเสียดทาน	3
5	แรงพยุง	2
6	โมเมนต์ของแรง	2
7	การเคลื่อนที่	3
	รวม	**18**

(4) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายวันตามจำนวนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผล ตรวจสอบความถูกต้องของสาระที่สอน ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำผลการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

จากผลการพิจารณาตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้ไข สามารถสรุปได้เป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1) ด้านเนื้อหาสาระ ให้พิจารณาปรับแก้ไขมโนทัศน์ในเชิงของคำนิยามให้สั้นและได้ใจความที่ชัดเจน การเรียงลำดับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องเพื่อที่จะสามารถนำไปสู่

การใช้ในการต่อยอดองค์ความรู้ในคาบถัดไปได้ และเพิ่มคำศัพท์เฉพาะ (technical term) เป็นภาษาอังกฤษให้แก่นักเรียน

2) ด้านการใช้ภาษาในคำถาม ให้เปลี่ยนจากคำว่า “เท่าไหร่” เป็น “เท่าไร” หรือ “เท่าใด” และเลือกใช้ระดับภาษาที่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ให้พิจารณาในการลดและเพิ่มกิจกรรมการเรียนรู้บางอย่างของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จริง และควรคำนึงถึงข้อมูลที่นักเรียนได้จากกิจกรรมเหล่านั้นจะสามารถนำไปสู่การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายได้มากน้อยเพียงใด

4) ด้านสื่อการเรียนรู้ ให้พิจารณาถึงวัสดุและอุปกรณ์ในโรงเรียนที่มีโดยให้สำรวจว่ามีวัสดุหรืออุปกรณ์เหล่านั้นอยู่หรือไม่ อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ มีจำนวนมากพอที่จะจัดให้แต่ละกลุ่มหรือไม่ และถ้าไม่มีวัสดุและอุปกรณ์ตามแผนจริงจะแก้ปัญหาอย่างไรและจะเปลี่ยนกิจกรรมหรือไม่ อย่างไร

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนห้อง ม.3/2 ซึ่งเป็นห้องทดลอง

3.1.2) การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน เพียงแต่เป็นการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในประเทศและในต่างประเทศ

(2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(3) วิเคราะห์องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการประเมินความสามารถของนักเรียน

(4) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการวัด โดยสร้างเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบจำนวน 4 ข้อ โดยข้อที่ 1 เรื่อง ผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุและการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน ข้อที่ 3 เรื่อง แรงพยุง และข้อที่ 4 เรื่อง โมเมนต์ของแรง ใช้หลังเรียน

(5) การพิจารณาให้คะแนนจะให้ตาม Rubric เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ Base Rubric CERR สำหรับข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) การให้เหตุผล (Reasoning) ข้อคัดค้าน (Rebuttal) ของ McNaill & Krajcik (2012: online)

(6) กำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำคะแนนที่กำหนดมาหาค่าพิสัยและกำหนดระดับความสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ทำให้ได้เกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้

ช่วงคะแนน	**ระดับความสามารถ**
17 – 24	ดีมาก
9 – 16	ดี
0 – 8	ควรปรับปรุง

(7) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษา และความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในเนื้อหา นำไปแก้ไขปรับปรุง

(8) นำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถาม และความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) แบบวัดทั้ง 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก)

2) ควรเพิ่มสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ความรู้มาใช้ในแบบวัด

3) ศึกษารายละเอียดของคำนิยามในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

4) ปรับรูปภาพและเพิ่มการระบุคำในภาพเพื่อให้ดูเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

(9) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข

(10) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบสอบ เกี่ยวกับค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

(11) ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบมีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.51-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21-0.34

(12) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเพื่อหาค่าความเที่ยง ผลปรากฏว่าแบบวัดนี้มีค่าความเที่ยงอยู่ที่ 0.83

3.2.2) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

(2) จากการศึกษาพบว่า Osborne (2013: 273-276) ได้วัดการให้เหตุผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge) และความรู้ด้านองค์ความรู้ (Epistemic knowledge) มาเป็นองค์ประกอบในการวัดและประเมินการให้เหตุผลของนักเรียน

(4) สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลจำนวน 1 ฉบับ โดยสร้างเป็นข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ โดยข้อสอบจะเป็นคู่กันจำนวน 12 คู่ คือจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลจากข้อหมายเลขคี่ในการตอบคำถามของข้อหมายเลขคู่ ใช้ก่อนและหลังเรียน

(5) เกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน

(6) นำแบบวัดการให้เหตุผลที่สร้างขึ้นเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษา และความถูกต้อง แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

(7) นำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ลักษณะการใช้คำถาม และความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) แบบวัดทั้ง 24 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก)

2) ควรปรับการใช้ภาษาให้เป็นสำนวนไทย

3) การให้เหตุผลในแบบวัดนี้เป็นการให้เหตุผลแบบใด สามารถวัดความสามารถในการให้เหตุผลทุกรูปแบบได้หรือไม่

(8) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข

(9) นำแบบวัดการให้เหตุผลที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบสอบเกี่ยวกับค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

(10) ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบมีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.34-0.57 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.32-0.45

(11) นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สหศึกษา แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเพื่อหาค่าความเที่ยง ผลปรากฏว่าแบบวัดนี้มีค่าความเที่ยงอยู่ที่ 0.82

4. แผนการดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

แนะนำวิชาเรียนโดยชี้แจงลักษณะการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ

4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ในคาบเรียนแรก สำหรับกลุ่มทดลองครูมีการอธิบายเพิ่มเติมพร้อมยกตัวอย่างเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองแล้วดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยใช้เวลาในการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 50 นาที ข้อสังเกตที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้น ในช่วงแรก (แผนที่ 1-3) ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองของตนก่อนแล้วจึงเข้ากลุ่ม เพื่อให้คัดเลือกแบบจำลองของกลุ่มซึ่งในกิจกรรมช่วงนี้ได้ใช้เวลามากเกินควร ต่อมาผู้วิจัยจึงเปลี่ยนให้นักเรียนทุกคนเข้ากลุ่มของตนก่อนแล้วค่อยร่วมกันสร้างแบบจำลองของกลุ่ม ผลปรากฏว่าสามารถลดระยะเวลาในการทำกิจกรรมขั้นนี้ได้และอยู่ภายในระยะเวลาที่กำหนด

4.3 ขั้นเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินเหมือนกันทั้งสองกลุ่ม ดังนี้

(1) ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(2) ประเมินความสามารถในการให้เหตุผลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ค่าสถิติ ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(1) หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยเกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
17 – 24	ดีมาก
9 – 16	ดี
0 – 8	ควรปรับปรุง

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบหลังเรียน โดยเลือกใช้ด้วยสถิติทดสอบ ACOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เป็นตัวแปรร่วม

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการให้เหตุผล

(1) หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งก่อนและหลังเรียน

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยเลือกใช้ด้วยสถิติทดสอบ ACOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เป็นตัวแปรร่วม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังการทดลอง มีคะแนนเต็ม 24 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ดังนี้

1.1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการเรียนโดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ผลแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลอง (n = 36)

คะแนน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความสามารถ
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	18.55	2.89	ดีมาก

จากตารางที่ 7 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 18.55 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

1.2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบได้ผลแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อน ($\bar{x}$) และหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}'$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ หลังเรียน

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}'$
กลุ่มทดลอง	18.55	2.89	18.56
กลุ่มเปรียบเทียบ	14.61	3.06	14.59

จากตารางที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 18.55 และ 14.61 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 2.89 และ 3.06 ตามลำดับ เมื่อทำการขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีค่า 18.56 และ 14.59 คะแนน ตามลำดับ

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยคะแนนของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม จึงทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้ขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วมแล้ว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมชนิดทางเดียว (One-way ANCOVA) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	df	SS	MS	Mean Difference	F	Sig
ม.3/2 กับ ม.3/1	1	263.68	263.68	3.97*	29.28	0.00

* $P < 0.05$

จากตารางที่ 9 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม พบว่า หลังเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผล

การวิเคราะห์การให้เหตุผล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลที่ได้จากกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง มีคะแนนเต็ม 24 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ได้ผลดังตารางด้านล่าง

2.1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อน ($\bar{x}$) และหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}'$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังเรียน

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนเรียน		หลังเรียน		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}'$
กลุ่มทดลอง	9.69	2.77	15.66	2.81	15.53
กลุ่มเปรียบเทียบ	10.02	2.19	11.72	3.21	11.85

จากตารางที่ 10 พบว่าก่อนเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผล 9.69 และ 10.02 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 2.77 และ 2.19 ตามลำดับ หลังเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงขึ้นเป็น 15.66 และ 11.72 ตามลำดับ เมื่อทำการขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วมพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีค่า 15.53 และ 11.85 ตามลำดับ

2.2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบหลังเรียน

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยคะแนนของความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม จึงทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้ขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วมแล้ว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมชนิดทางเดียว (One-way ANCOVA) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	df	SS	MS	Mean Difference	F	Sig
ม.3/2 กับ ม.3/1	1	227.03	227.03	3.68*	25.13	0.00

* $P < 0.05$

จากตารางที่ 11 พบว่าเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม พบว่า หลังเรียน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษสหศึกษา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 72 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 36 คน คือ กลุ่มทดลองเรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มเปรียบเทียบเรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ทั้งสองกลุ่มใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์ รวม 18 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลและหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ ANCOVA

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผล การนำเสนอการอภิปรายจึงแบ่งเป็น 2 ประเด็นคือ 1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2) ความสามารถในการให้เหตุผล ซึ่งได้อภิปรายตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมติฐานข้อที่ 2 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2556) ที่กล่าวว่า แบบจำลองช่วยส่งเสริมศักยภาพในการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดีมากและมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอาจเนื่องมาจากสาเหตุคือ การเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนพัฒนาคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่าย นักเรียนได้รับโอกาสที่ฝึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถึง 4 ครั้งในแต่ละเนื้อหา กล่าวคือ

ครั้งแรกเกิดขึ้นใน *ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น* นักเรียนสร้างแบบจำลองเดี่ยวเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่ครูนำมาเสนอก่อนเข้ากลุ่ม โดยแบบจำลองเดี่ยวของนักเรียนที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นการนำประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีต่อปรากฏการณ์ของนักเรียนแต่ละรายบุคคลมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์โดยคำอธิบายที่ได้นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ อย่างไรก็ตามคำอธิบายในขั้นนี้จะมีข้อมูลบางส่วนที่นำไปใช้ในขั้นต่อไปได้ ยกตัวอย่างในเรื่องของแรงเสียดทาน คำอธิบายของนักเรียนที่ได้จากแบบจำลองเดี่ยวส่วนใหญ่ในห้อง ได้นิยามความหมายของแรงเสียดทานว่า “แรงที่ต้านการเคลื่อนที่” ซึ่งถ้าพิจารณาถึงองค์ประกอบของ

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วพบว่ายังไม่มีความสมบูรณ์ขาดองค์ประกอบด้านหลักฐานและการให้เหตุผล

ครั้งที่สองเกิดขึ้นใน *ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมของการค้นหาหลักฐาน* หลังจากนักเรียนได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ไปเพิ่มเติมหรือปรับแก้ไขแบบจำลองให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น เมื่อแบบจำลองถูกปรับแก้ไขแสดงถึงโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนในปรากฏการณ์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนให้มีความชัดเจน ในที่นี้คือมีองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ปรากฏเพิ่มขึ้นและคุณภาพของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

ครั้งที่สามขึ้นใน *ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมของการโต้แย้ง* โดยหลังจากการโต้แย้งในห้องโดยแต่ละกลุ่มต้องหาหลักฐานหรือการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองที่ได้สร้างขึ้น เพื่อไม่ได้ถูกคัดค้านจากเพื่อนต่างกลุ่ม ในกิจกรรมนี้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงจุดเด่นและข้อบกพร่องของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นและเรียนรู้ที่จะปรับแก้ไขจากมุมมองของผู้อื่นว่าคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นมาอาจจะไม่สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจและรู้เรื่องในประโยคที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ กิจกรรมนี้จึงเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้นำเสนอคำอธิบายของตนเองว่ามีองค์ประกอบและคุณภาพเป็นอย่างไร โดยเพื่อนในห้องร่วมกันประเมิน

ครั้งสุดท้ายอยู่ใน *ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์* นักเรียนนำข้อมูลและสิ่งที่ต้องปรับแก้ไขมาเขียนคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นโดยจะได้พิจารณาถึงองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน สอดคล้องกับสันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่กล่าวว่า การแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นอกจากจะเพิ่มพูนประสบการณ์ในการสร้างคำอธิบายแล้ว นักเรียนยังมีโอกาสปรับปรุงคำอธิบายให้มีคุณภาพสูงขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

ดังนั้นจากโอกาสในการปรับปรุงแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีถึง 4 ครั้ง จึงทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายอยู่ในระดับดีมากและดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ นอกจากนี้แบบจำลองช่วยให้นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง แรง ได้ดีกว่าอาจเพราะเรื่อง แรง เป็นเรื่องของนามธรรมที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อนำ

แบบจำลองที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ต่าง ๆ มาช่วยให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น นักเรียนกลุ่มทดลองจึงเห็นภาพของปรากฏการณ์ได้ดีขึ้นและสามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายได้ดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

2. ความสามารถในการให้เหตุผล

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมติฐานข้อที่ 4 อาจเนื่องมาจากสาเหตุคือ ใน*ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์* มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียนให้เป็นที่ยอมรับของคนในห้องได้ ประกอบด้วยกิจกรรมย่อยซึ่งกิจกรรมย่อยที่ก่อให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลนี้ ได้แก่ การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ และการสร้างข้อโต้แย้ง

กิจกรรมย่อยที่ 1 การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อใช้ในการคาดคะเนปรากฏการณ์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร มีสิ่งใดบ้างที่เกี่ยวข้อง และสิ่งเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งแบบจำลองที่สร้างมานั้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ เพราะนักเรียนสร้างมาจากความรู้ความเข้าใจเดิมที่นักเรียนมีต่อปรากฏการณ์นั้น ในที่นี้คือสมมติฐานที่อยู่ในรูปของแบบจำลองซึ่งจะต้องทำการทดสอบต่อไป โดยแบบจำลองของนักเรียนที่ได้สร้างขึ้นมาต้องมีความสัมพันธ์กันในเชิงของเหตุผลที่สามารถบอกและอธิบายได้ว่าแต่ละส่วนของแบบจำลองนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร สอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการให้เหตุผล และความสามารถในการให้เหตุผลนี้ได้ถูกพัฒนาเป็นลำดับ

กิจกรรมย่อยที่ 2 คือ การสร้างข้อโต้แย้ง เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล โดยในทุกครั้งนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ฝึกกระบวนการคิดและวิเคราะห์ ด้วยคำถามหรือปัญหาจากข้อสงสัยของเพื่อน เพื่อให้นักเรียนสืบสอบหาคำตอบหรือสาเหตุของปรากฏการณ์รวมถึงความสัมพันธ์ของแต่ละสิ่งในแบบจำลองที่นักเรียนได้นำมาใช้อธิบาย อีกทั้งการเขียนคำอธิบายถือเป็นสิ่งที่เอื้อต่อการฝึกคิดอย่างมีเหตุผล เพราะนักเรียนต้องสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานยืนยันและมีการให้เหตุผลประกอบทุกครั้ง ดังนั้นข้อมูลที่นักเรียนเลือกมาจึงต้องมาจากการคิดตัดสินใจที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับผลการวิจัยไปใช้สำหรับครูผู้สอน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการที่ให้นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองของตนเองก่อนแล้วจึงเข้ากลุ่มเพื่ออภิปรายและคัดเลือกแบบจำลองของแต่ละคนมาใช้เป็นแบบจำลองของกลุ่มนั้นใช้เวลาค่อนข้างมาก ส่งผลให้ต้องเร่งรีบกับการจัดกิจกรรมส่วนที่เหลือให้ทันเวลา ดังนั้นเพื่อลดเวลาที่ต้องใช้ในกิจกรรมดังกล่าวจึงแนะนำให้จัดนักเรียนเข้ากลุ่มและให้สมาชิกร่วมกันคิดและอภิปรายแบบจำลองของกลุ่มตั้งแต่แรก ซึ่งนอกจากพบว่าช่วยลดเวลาและทำกิจกรรมให้กระชับขึ้นแล้ว นักเรียนยังมีแนวโน้มยอมรับแบบจำลองที่ร่วมกันคิดมากกว่าการคิดรายบุคคลแล้วมาพิจารณาคัดเลือกเป็นของกลุ่มภายหลัง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

ควรนำผลการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานไปพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ความรู้ เพราะในขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์ ในส่วนของลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงญาณวิทยาในส่วนที่บอกว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถคาดคะเนได้ (Conjectural) นักเรียนจะนำองค์ความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปคาดคะเนสถานการณ์ใหม่ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนต้องสร้าง ปรับแก้ไข และทดสอบแบบจำลอง ซึ่งเกิดขึ้นในทุกขั้นของการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science for All Americans: Project 2061*. Retrieved October 27, 2014, from http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/intro.htm?txtRef=&txtURIOld=%2Fpublications%2Fsfaa%2Fonline%2Fintro%2Ehtml

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.

Artdej, R., Meela, P., & Sriboonlert, S. (2014). *The role of model-based inquiry in supporting students' conceptual understanding.* Paper presented at the Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education (formerly UniServe Science Conference).

Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education, 95*(4), 639-669.

Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11*(1), 159-176.

Campbell, T., Oh, P. S., & Neilson, D. (2012). Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) classrooms. *International Journal of Science Education, 34*(15), 2393-2419.

Campbell, T., Zhang, D., & Neilson, D. (2011). Model based inquiry in the high school physics classroom: An exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education and Technology, 20*(3), 258-269.

Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(2), 109-138.

Gagnon, M. J., & Abell, S. K. (2008). Perspectives: Explaining science. *Science and Children, 45*(5), 60-61.

Giere, R. N., Bickle, J., & Mauldin, R. F. (1991). *Understanding scientific reasoning*. Fort Worth, TX: Holt, Rinehart, and Winston.

Hestenes, D. (2006). *Notes for a modeling theory.* Paper presented at the Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education.

International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). (2013). TIMSS 2015 Assessment Frameworks. Retrieved May 21, 2015, from http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/frameworks.html

Kisiel, J., Rowe, S., Vartabedian, M. A., & Kopczak, C. (2012). Evidence for family engagement in scientific reasoning at interactive animal exhibits. *Science Education, 96*(6), 1047-1070.

Krajcik, J. (2011). Supporting Students in Constructing Evidence-Based Scientific Explanations. Retrieved April 30, 2015, from http://umaine.edu/center/files/2011/06/Bagor-presentation-Explanation-V4.pdf

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(7), 569-617.

Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education, 94*(2), 336-364.

Lind, A. (2008). *Literacy for all: Making a difference* (Vol. 89): Unesco Paris.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. *Assessing science learning: Perspectives from research and practice*, 101-116.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2011). Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing. *Pearson*.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2012). Base Rubric for Claim, Evidence, Reasoning, Rebuttal (CERR). Retrieved April 30, 2015, from https://neuron.illinois.edu/files/Resource_BaseRubricCERR.docx

National Research Council (NRC). (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.

National Science Teachers Association (NSTA). (2004). Scientific Inquiry. Retrieved May 19, 2015, from http://www.nsta.org/about/positions/inquiry.aspx

Nuffield Foundation. (2013). Model-based inquiry and practical work – an introduction. Retrieved April 28, 2015, from http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Introduction%20to%20model-based%20inquiry.pdf

Ogan-Bekiroğlu, F., & Arslan, A. (2014). Examination of the Effects of Model-based Inquiry on Students' Outcomes: Scientific Process Skills and Conceptual Knowledge. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 141*, 1187-1191.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK. Retrieved May 18, 2015, from http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf

Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity, 10*, 265-279.

Passmore, C., & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools*. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(3), 185-204.

Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education, 34*(10), 1535-1554.

Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. *Science Scope, 35*(8), 6-11.

Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S.-P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(5), 583-608.

Schwarz, C. V. (2009). *A learning progression of elementary teachers' knowledge and practices for model-based scientific inquiry.* Paper presented at the American Educational Research Association annual conference (AERA), San Diego, CA.

Schwarz, C. V., Meyer, J., & Sharma, A. (2007). Technology, pedagogy, and epistemology: Opportunities and challenges of using computer modeling and simulation tools in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education, 18*(2), 243-269.

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

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction, 23*(2), 165-205.

Schweingruber, H., Keller, T., & Quinn, H. (2012). *A Framework for K-12 Science Education:: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*: National Academies Press.

United Nations Organization for Education, Science and Culture (UNESCO). (2000a). Scientific and Technological Literacy for All. Retrieved June 26, 2015, from http://www.unesco.org/education/educprog/ste/projects/2000/meaning.htm

United Nations Organization for Education, Science and Culture (UNESCO). (2000b). World Education Forum: The Dakar Framework for Action. Retrieved April 30, 2015, from http://www.unesco.at/bildung/basisdokumente/dakar_aktionsplan.pdf

Wang, J., Guo, D., & Jou, M. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior, 49*, 658-669.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education, 92*(5), 941-967.

Xiang, L., & Passmore, C. (2015). A framework for model-based inquiry through agent-based programming. *Journal of Science Education and Technology, 24*(2-3), 311-329.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ *MCIS* ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการ

เคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในงานวิจัย ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูพระนคร.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2557). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2545). กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้องใจ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พจีลักษณ์ ขวัญใจ. (2556). ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรเทพ จัทราอุกฤษฎ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ *21*. Retrieved 18 พฤษภาคม, 2558, from http://educa2014.com/wp-content/uploads/2014/11/d15-14.pdf

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2552). การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2555). ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ *PISA* และ *TIMSS :* วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

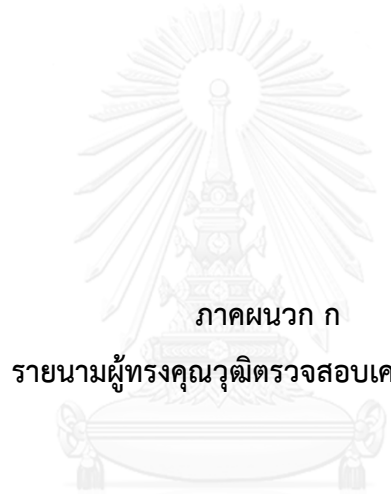
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2556). ผลการประเมิน *PISA 2012* คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

อาจารย์ สุรสิงห์ นิรชร	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ อมรรัตน์ บุบผโชติ	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ สมชัย ดุรงค์ภินนท์	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ สันติชัย อนุวรชัย	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ฉัตรชัย สัมฤทธิ์ศุภผล	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดการให้เหตุผล

อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ สันติชัย อนุวรชัย	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ฉัตรชัย สัมฤทธิ์ศุภผล	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยมี 4 สาระดังต่อไปนี้

1) ผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2) แรงพยุง

3) แรงเสียดทาน

4) โมเมนต์ของแรง

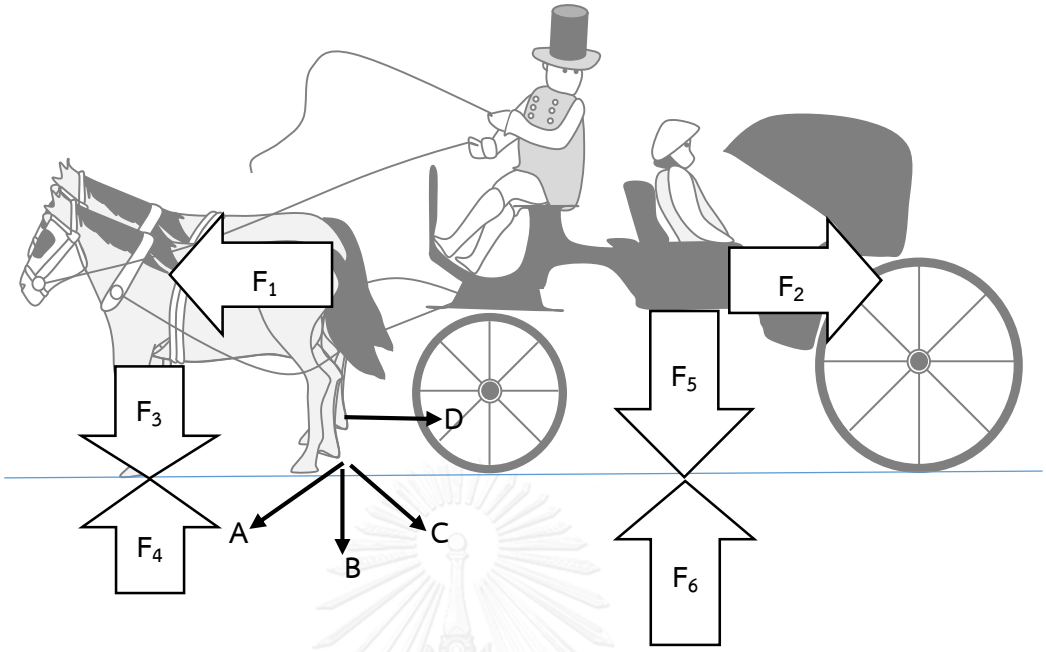
2. แบบวัดนี้เป็นแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 4 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบวัด 1 ชั่วโมง

3. ให้นักเรียนใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้เท่านั้น

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล เลขที่และชั้น ให้ชัดเจนครบทุกหน้า และกรุณาตรวจสอบให้ถูกต้องก่อนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนพิจารณารูปด้านล่างแล้วตอบคำถาม



<u>กำหนดให้</u>

F_1 คือ แรงของม้า ขนาด 1,000 N

F_2 คือ แรงของรถม้า ขนาด 1,000 N

F_3 คือ น้ำหนักของม้า ขนาด 10,000 N

F_4 คือ แรงที่พื้นกระทำต่อม้า ขนาด 10,000 N

F_5 คือ น้ำหนักของรถม้า ขนาด 15,000 N

F_6 คือ แรงที่พื้นกระทำต่อรถม้า ขนาด 15,000 N

A B C และ D คือ ทิศของแรงขนาด 5,000 N

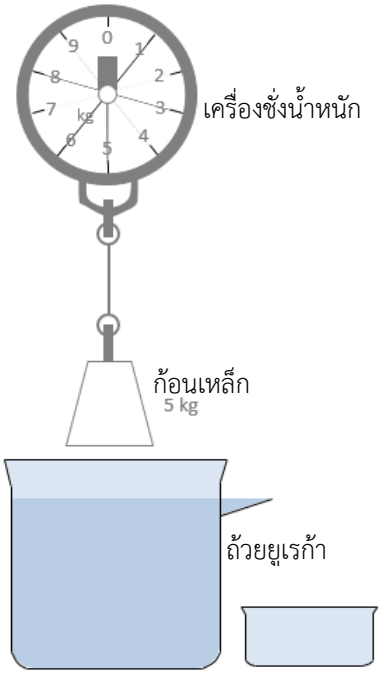
<u>คำถาม</u>

เท้าของม้าทั้งสองตัวนี้จะต้องออกแรงกระทำในทิศทางที่ตรงกับตัวอักษรตัวใด จึงจะสามารถทำให้รถม้าเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งไปทางซ้ายได้ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

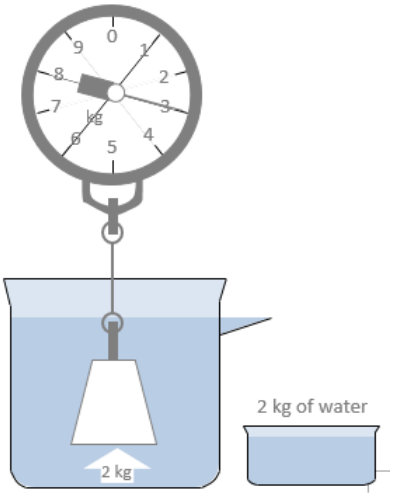
<u>คำตอบ</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณารูปด้านล่างแล้วตอบคำถาม



ภาพที่ 1 ชั่งวัตถุในอากาศ



ภาพที่ 2 ชั่งวัตถุในน้ำ

<u>กำหนดให้</u>

น้ำมีความหนาแน่นเท่ากับ 1.0×10^3 Kg/m^3

ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.8 m/s^2

แรงพยุงของน้ำ = น้ำหนักก้อนเหล็กที่ชั่งในอากาศ – น้ำหนักก้อนเหล็กที่ชั่งในน้ำ

F_B = (5,000 g x 9.8 m/s^2) – (3,000 g x 9.8 m/s^2)

F_B = 49,000 N – 29,400 N

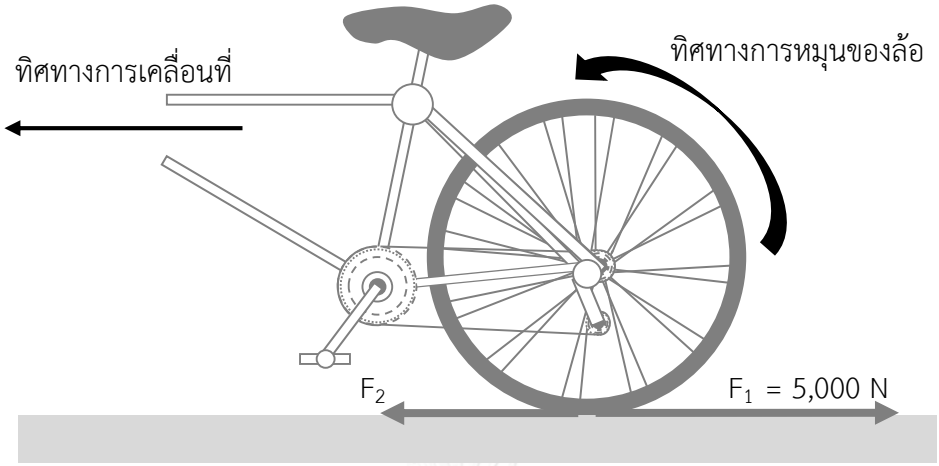
F_B = 19,600 N

<u>คำถาม</u>

เหล็กก้อนนี้เมื่อใส่ลงในน้ำจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>คำตอบ</u>

ข้อที่ 3 ให้นักเรียนพิจารณารูปด้านล่างแล้วตอบคำถาม



<u>กำหนดให้</u>

รถจักรยานเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายโดยให้ล้อหลังของจักรยานเป็นล้อขับเคลื่อน

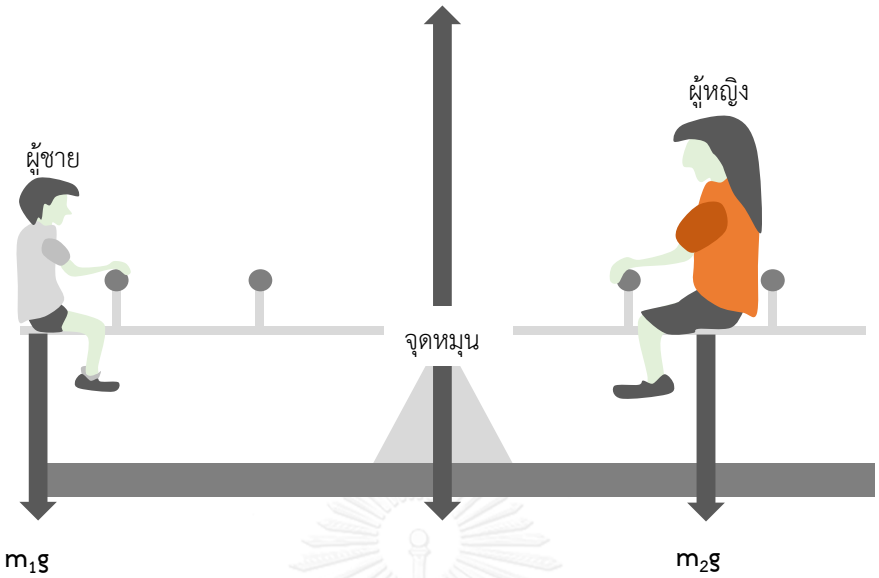
<u>คำถาม</u>

แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในล้อหลังของจักรยานมีทิศใดเมื่อเทียบกับทิศการเคลื่อนที่ของจักรยาน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>คำตอบ</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 4 ให้นักเรียนพิจารณารูปด้านล่างแล้วตอบคำถาม



<u>กำหนดให้</u>

$m_1 = 30$ kg $\quad m_2 = 50$ kg $\quad g = 9.8$ m/s^2 $\quad L = 4$ m

จากสูตร $\quad M_{ทวน} = M_{ตาม}$

$$F_{ทวน} \times L_{ทวน} = F_{ตาม} \times L_{ตาม}$$

$$(30 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \times 2 \text{ m} = (50 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \times L_{ตาม}$$

$$588 \text{ Nm} = 490 \text{ N} \times L_{ตาม}$$

$$L_{ตาม} = \frac{\mathbf{588\ Nm}}{\mathbf{490\ N}}$$

$$L_{ตาม} = 1.2 \text{ m}$$

<u>คำถาม</u>

ระยะที่ผู้หญิงนั่งห่างจากหมุน 1.2 m จะทำให้คานนี้อยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุนหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>คำตอบ</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์นั้นเพื่อการตอบคำถาม

2. แบบสอบนี้เป็นแบบวัดแบบปรนัย ประกอบด้วยข้อสอบทั้งหมด 24 ข้อ กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

3. ให้นักเรียนใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบ

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล เลขที่และชั้น ให้ชัดเจนครบทุกหน้า และกรุณาตรวจสอบให้ถูกต้องก่อนส่ง

5. กรุณาทำแบบวัดนี้ทุกข้อ เพราะทุกข้อมีความต่อเนื่องกัน เลือกคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องเพียงข้อเดียวเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> สมมติว่านักเรียนได้รับก้อนดินเหนียวทรงกลมมา 2 ก้อน โดยมีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักเท่ากัน ถ้าก้อนดินเหนียวก้อนหนึ่งถูกบีบให้มีลักษณะแบนเป็นแผ่น

1. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

1) ก้อนดินเหนียวที่ถูกบีบให้แบนมีน้ำหนักมากกว่าก้อนดินเหนียวทรงกลม

2) ก้อนดินเหนียวทั้งสองรูปร่างมีน้ำหนักเท่ากัน

3) ก้อนดินเหนียวทรงกลมมีน้ำหนักมากกว่าก้อนดินเหนียวที่ถูกบีบให้แบน

2. จากคำตอบของข้อที่ 1 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) ก้อนดินเหนียวที่ถูกบีบให้แบนมีพื้นที่มากกว่า

2) ก้อนดินเหนียวทรงกลมถูกแรงดันอากาศกระทำมากกว่า 1 ตำแหน่ง

3) เมื่อก้อนดินเหนียวถูกบีบให้แบนจะทำให้มีน้ำหนักลดลง

4) ดินเหนียวทั้ง 2 ก้อน ไม่มีการเพิ่มหรือลดปริมาณ

5) เมื่อก้อนดินเหนียวถูกบีบให้แบนจะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> กระบอกตวง 2 กระบอก บรรจุน้ำในระดับเดียวกัน ซึ่งกระบอกตวงทั้ง 2 กระบอกนั้น มีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน ทดลองนำลูกแก้วที่ทำจากเหล็กซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอีกลูกที่ทำจากแก้วใส่ลงในกระบอกตวงกระบอกแรก และนำลูกแก้วที่ทำจากแก้วใส่ลงในกระบอกตวงกระบอกที่สอง ผลปรากฏว่ากระบอกตวงที่สองนั้นมีระดับน้ำสูงขึ้น 6 ขีดจากตำแหน่งของระดับน้ำเดิมในกระบอกตวงนั้น

3. ถ้านำลูกแก้วที่ทำจากเหล็กใส่ลงไปในกระบอกตวงอีกกระบอก ความสูงของระดับน้ำในกระบอกตวงนั้นจะเป็นอย่างไร

1) ระดับน้ำสูงเท่ากับกระบอกที่ใส่ลูกแก้วที่ทำจากแก้ว

2) ระดับน้ำสูงกว่ากระบอกที่ใส่ลูกแก้วที่ทำจากแก้ว

3) ระดับน้ำต่ำกว่ากระบอกที่ใส่ลูกแก้วที่ทำจากแก้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. จากคำตอบของข้อที่ 3 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) ลูกแก้วที่ทำจากเหล็กตกลงสู่ก้นกระบอกตวงเร็วกว่าลูกแก้วที่ทำจากแก้ว

2) ลูกแก้วทั้งสองทำจากวัสดุต่างชนิดกัน

3) ลูกแก้วที่ทำจากเหล็กหนักกว่าลูกแก้วที่ทำจากแก้ว

4) ลูกแก้วที่ทำจากแก้วมีแรงดันที่ทำให้น้ำสูงขึ้นน้อยกว่าลูกแก้วที่ทำจากเหล็ก

5) ลูกแก้วทั้งสองมีขนาดเท่ากัน

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> มีกระบอกตวง 2 กระบอก โดยกระบอกแรกมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวกว่ากระบอกที่สอง และกระบอกตวงแต่ละกระบอกมีสเกลที่มีระยะห่างเท่า ๆ กัน หากมีน้ำอยู่ในกระบอกตวงกว้างในตำแหน่งขีดที่ 4 แล้วเทน้ำใส่ในกระบอกตวงแคบ ผลปรากฏว่าระดับน้ำอยู่ในตำแหน่งขีดที่ 6

5. ถ้ากระบอกตวงกว้างมีน้ำอยู่ในระดับขีดที่ 6 อยากทราบว่าเมื่อเทน้ำใส่กระบอกตวงแคบระดับน้ำจะอยู่ที่ขีดที่เท่าไร

1) ประมาณขีดที่ 8

2) ประมาณขีดที่ 9

3) ประมาณขีดที่ 10

4) ประมาณขีดที่ 12

5) ไม่มีข้อใดถูกต้อง

6. จากคำตอบข้อที่ 5 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) จากข้อมูลที่ให้มาไม่สามารถระบุคำตอบได้

2) ก่อนหน้านี้เพิ่มขึ้น 2 ขีด ดังนั้นครั้งนี้ก็ควรที่จะเพิ่มขึ้น 2 ขีดด้วยเช่นกัน

3) ทุก 2 ขีดของระดับน้ำในกระบอกตวงกว้างจะทำให้กระบอกตวงแคบมีระดับน้ำเป็น 3 ขีด

4) กระบอกตวงที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลางสั้นกว่า

5) ต้องทำการทดลองจริงเพื่อที่จะสามารถสังเกตได้ เพราะจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. จากสถานการณ์ที่ 3 ถ้าเทน้ำใส่กระบอกตวงแคบโดยให้ระดับน้ำอยู่ที่ขีดที่ 11 แล้วนำไปเทใส่ในกระบอกตวงกว้างระดับน้ำจะสูงเท่าใด

1) ประมาณขีดที่ 7.5

2) ประมาณขีดที่ 9

3) ประมาณขีดที่ 8

4) ประมาณขีดที่ 7.3

5) ไม่มีข้อใดถูกต้อง

8. จากคำตอบข้อที่ 7 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) อัตราส่วนต้องมีค่าเท่าเดิม

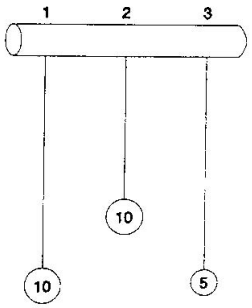
2) ต้องทำการทดลองจริงเพื่อที่จะสามารถสังเกตได้ เพราะจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

3) จากข้อมูลที่ให้มาไม่สามารถระบุคำตอบได้

4) ก่อนหน้านี้ลดลง 2 ขีด ดังนั้นครั้งนี้ก็ควรที่จะลดลง 2 ขีดด้วยเช่นกัน

5) ทุก 2 ขีดของระดับน้ำในกระบอกตวงแคบที่ลดลงจะทำให้กระบอกตวงกว้างมีระดับน้ำลดลง 3 ขีด

<u>สถานการณ์ที่ 4</u> แขวนโลหะไว้บนคานดังภาพด้านขวา ถ้าเชือกที่ห้อยโลหะนั้นสามารถแกว่งไปมา สมมติว่านักเรียนกำลังหาคำตอบว่าความยาวของเชือกมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการแกว่งไปมาหรือไม่



9. นักเรียนจะเลือกเชือกหมายเลขใดบ้างที่สามารถหาคำตอบในเรื่องที่นักเรียนจะศึกษาได้

1) เชือกหมายเลขใดก็ได้เพียงเส้นเดียว

2) เชือกทุกเส้น

3) เชือกหมายเลข 2 กับ 3

4) เชือกหมายเลข 1 กับ 3

5) เชือกหมายเลข 1 กับ 2

10. จากคำตอบข้อที่ 9 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) ต้องใช้เชือกเส้นที่ยาวที่สุด

2) ต้องเปรียบเทียบเชือกที่มีน้ำหนักต่างกัน

3) ต้องใช้เชือกที่มีความยาวต่างกันเท่านั้น

4) เปรียบเทียบสิ่งที่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ทั้งหมด

5) น้ำหนักต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน

(Model-based inquiry)

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **วิชา วิทยาศาสตร์ 5**

มัธยมศึกษาปีที่ 3 **จำนวน 3 คาบ 150 นาที**

ผู้สอน นายสุทธิชาติ เปรมกมล

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตัวชี้วัด ม.3/1 อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่ทำต่อวัตถุ

<u>วัตถุประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อนักเรียนเรียนจบคาบนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
2. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้
3. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
4. สร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
5. ใช้แบบจำลองสร้างคำอธิบายที่สนับสนุนกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้

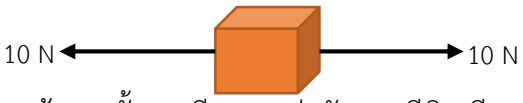
<u>สาระการเรียนรู้</u>

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)

แรงลัพธ์ (Net force) ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ ($\sum \vec{F} = \mathbf{0}$) วัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่ หมายถึง ถ้าวัตถุหยุดนิ่งก็จะรักษาสภาพการหยุดนิ่งต่อไป แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และมีทิศทางเดิมตลอดการเคลื่อนที่นั้น

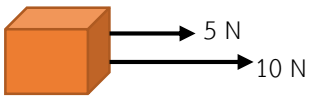
การหาแรงลัพธ์

1. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้าม แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์



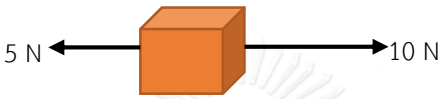
แรงลัพธ์ = 0

2. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันและมีทิศเดียวกัน แรงลัพธ์จะเกิดจากผลรวมของแรงทั้งสองนั้น



แรงลัพธ์ = 15

3. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากันและมีทิศตรงข้าม แรงลัพธ์เกิดจากการลบกันของแรงทั้งสอง



แรงลัพธ์ = 10

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น (15 นาที)

1. ครูนำถุงทราย 1 ถุง มาไว้บนโต๊ะแล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบดังนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร”)

1.1 ถุงทรายนี้มีแรงอะไรมากระทำบ้าง

1.2 ขนาดและทิศของแรงเหล่านั้นเป็นอย่างไร

1.3 แรงลัพธ์ที่กระทำต่อถุงทรายนี้เป็นอย่างไร

1.4 แรงลัพธ์นั้นส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือไม่ อย่างไร

1.5 มีสถานการณ์ใดบ้างในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เราต้องการรู้อะไร”)

1.6 จากคำตอบที่นักเรียนบอกมานั้น พวกเราจะพิสูจน์ได้อย่างไรว่าเรื่องนี้เกิดขึ้นจริง และเกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องใดในวิทยาศาสตร์

2. ครูบันทึกคำตอบของนักเรียนลงในกระดาน

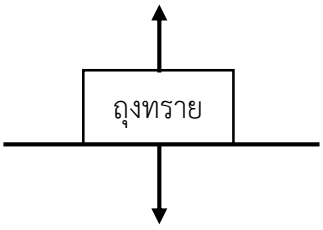
ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (100 นาที)

3. ครูให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4 คน จำนวน 9 กลุ่ม

4. ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับแบบบันทึกกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนรู้

5. ครูให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแล้วสร้างแผนภาพที่แสดงคำตอบของคำถามในขั้นต้นว่า มีแรงอะไรบ้างที่มากระทำกับถุงทราย และแรงเหล่านั้นมีขนาดและทิศทางอย่างไรต่าง ๆ พร้อมนำเสนอหน้าห้อง *(การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้)*

ตัวอย่างแผนภาพ



6. ครูให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ สามารถสอบถามข้อสงสัยต่าง ๆ ในแผนภาพของแต่ละกลุ่ม **(Testable)**

7. ครูใช้คำถามดังนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เราต้องการรู้อะไร”)

7.1 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าแรงที่กระทำต่อถุงทรายเหล่านั้นมีอยู่จริง และแรงเหล่านั้นมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร

7.2 ถ้าให้พิจารณาขนาดและทิศทางของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อถุงทรายในแนวระดับ (แกน X) และแนวดิ่ง (แกน Y) แรงต่าง ๆ ที่ปรากฏในแบบจำลองกลุ่มของนักเรียนนั้นเป็นอย่างไร ทราบได้อย่างไร

7.3 เครื่องมือใดบ้างที่สามารถนำมาวัดแรงได้

8. ครูให้นักเรียนนำเครื่องชั่งสปริงมาวัดหาขนาดแรงของถุงทราย พร้อมทั้งจดบันทึกค่าแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงลงในแบบบันทึกกิจกรรม (การค้นหาหลักฐาน)

9. ครูใช้คำถามดังนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร”)

9.1 แรงที่นักเรียนวัดมีทิศเป็นอย่างไร และมีขนาดเท่าไหร่

9.2 แล้วแรงที่มีทิศชี้ขึ้นมีขนาดเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

9.3 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีแรงในทิศชี้ขึ้นกระทำอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. ครูให้นักเรียนนำสปริงออกมาแล้วออกแรงกดในแนวดิ่งพร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้ (การค้นหาหลักฐาน)

10.1 เมื่อนักเรียนออกแรงกดสปริง นักเรียนรู้สึกว่ามีแรงอีกหนึ่งแรงที่กระทำต่อมือนักเรียนในทิศตรงกันข้ามหรือไม่ อย่างไร

10.2 แรงกดของนักเรียนกับแรงที่สปริงออกแรงต้าน แรงใดมีขนาดมากกว่ากัน สุดท้ายแล้วสปริงมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไร

10.3 ดังนั้นแรงลัพธ์ของการออกแรงกดสปริงน่าจะมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร

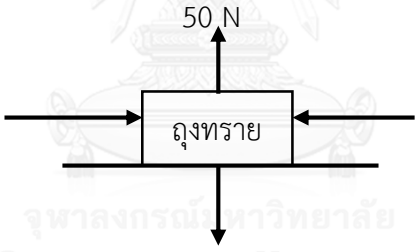
11. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงผลการทำกิจกรรมทั้งสองเข้ากับแผนภาพ **(Revisable)** โดยเพิ่มเติมข้อมูลดังนี้

11.1 ขนาดและทิศของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อถุงทราย ในแนวดิ่งและแนวระดับ

11.2 แรงลัพธ์มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร

11.3 ถุงทรายมีการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

ตัวอย่างแผนภาพ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. ครูให้นักเรียนใช้ตาชั่งสปริง 2 ตัว เกี่ยวถุงทรายมุมละ 1 ตัวเพื่อหาขนาดของแรง (การค้นหาหลักฐาน) แล้วใช้คำถามดังนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เราต้องการรู้อะไร”)

12.1 ขนาดของแรงที่ตาชั่งสปริงแต่ละตัวจะมีอ่านค่าได้เท่าเดิมหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

12.2 ผลของแรงลัพธ์มีขนาดและทิศทางเป็นเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร

13. ครูให้นักเรียนบันทึกผลของค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงทั้งสองอ่านค่าได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม

14. ครูใช้คำถามดังนี้

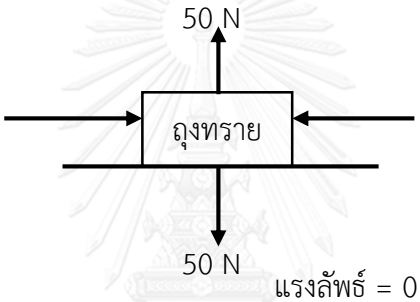
(คำถามจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร”)

14.1 ถ้าขนาดของแรงทั้งสองเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้วัตถุนั้นมีขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เป็นอย่างไร

14.1 ถ้าผลของแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์แล้ว วัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่อย่างไร

15. ครูให้นักเรียนคำนวณหาแรงลัพธ์ที่อยู่ในแผนภาพว่ามีค่าเท่าไหร่ และวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร **(Revisable)**

ตัวอย่างแผนภาพ



แรงลัพธ์ = 0 และวัตถุหยุดนิ่ง

16. ครูยกตัวอย่างสถานการณ์การขับรถยนต์ทางตรงด้วยความเร็วคงที่แล้วถามคำถามดังนี้

(คำถามจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร”)

16.1 อัตราเร็วของรถยนต์เป็นอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

16.2 ถ้าขับด้วยอัตราเร็วคงที่แล้วมุ่งหน้าไปยังทิศทางเดิมตลอด ความเร็วของรถยนต์คันนี้จะเป็นอย่างไร

16.3 หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วแล้ว ขนาดและทิศทางของการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนี้เป็นอย่างไร

16.4 ถ้าผลรวมของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์ในวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

17. ครูนำนักเรียนเชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้เข้ากับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

18. ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอแผนภาพพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ สามารถสอบถามถึงข้อสงสัยต่าง ๆ ที่มีต่อแบบจำลองของกลุ่มอื่น ๆ (การสร้างข้อโต้แย้ง)

ตัวอย่างคำถาม ได้แก่

18.1 แผนภาพของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือข้อแตกต่างกันอย่างไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

18.2 สิ่งต่าง ๆ ในแผนภาพมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

18.3 แผนภาพนี้สามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์อะไรได้บ้าง และอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้อย่างไร

19. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ถึงความถูกต้องและความสามารถของแผนภาพว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ของวัตถุที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ได้ดีมากพอหรือไม่ โดยมีประเด็นและองค์ประกอบต่าง ๆ อะไรบ้างที่ต้องปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น **(Revisable)**

ขั้นที่ 3 อธิบายปรากฏการณ์ (Pressing for explanation) (35 นาที)

20. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแผนภาพที่ได้จากการปรับแก้ไขพร้อมทั้งนำเสนอคำอธิบายว่าเกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันอย่างไร **(Explanatory)**

21. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนใช้แผนภาพที่ปรับแก้ไขแล้วมาตอบคำถาม ดังนี้ **(Conjectural)**

21.1 การที่นักเรียนนั่งอยู่กับที่สักแห่งบนโลกมีแรงมาอะไรบ้างมากระทำต่อนักเรียนและผลของแรงลัพธ์เป็นอย่างไร แล้วการเคลื่อนที่ของนักเรียนเป็นอย่างไร

21.2 เมื่อนักเรียนหยุดนิ่งอยู่บนผิวโลก ความเร็วในการเคลื่อนที่ของนักเรียนเป็นอย่างไร

22. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวันแล้วนำแผนภาพที่ปรับแก้ไขแล้วไปอธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนยกตัวอย่างมาให้เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน พร้อมทั้งหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ในเหตุการณ์นั้นมาด้วย **(Generative)**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>การวัดและประเมินผล</u>

1. ประเมินหลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนแผนภาพ
2. ประเมินความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลของแผนภาพ
3. ประเมินความถูกต้องของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแผนภาพที่สร้าง
4. ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์ตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. เอกสารประกอบกิจกรรม เรื่อง “กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)”
2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ตาชั่งสปริง ถุงทราย เชือก สปริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรม

เรื่อง “กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)”

สมาชิกในกลุ่มที่ _____ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/_____

1._____ 3._____

2._____ 4._____

กิจกรรม การทดลองเพื่อศึกษาแรงลัพธ์และสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม: เพื่อศึกษาแรงลัพธ์และสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

คำชี้แจง:

1. ให้แต่ละกลุ่มบันทึกแผนภาพที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่ 1
2. นำเสนอแผนภาพหน้าห้องเรียน พร้อมบันทึกสิ่งที่ต้องปรับแก้ไขจากการสอบถามของเพื่อนในห้อง
3. ให้นักเรียนทำการทดลองโดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

   3.1) นำเครื่องชั่งสปริงมาวัดหาขนาดแรงของถุงทราย

   3.2) นำสปริงมาออกแรงกดในแนวดิ่ง

   3.3) ใช้ตาชั่งสปริง 2 ตัว เกี่ยวถุงทรายมุมละ 1 ตัวเพื่อหาขนาดของแรง

   พร้อมทั้งจดบันทึกค่าแรงลงในตารางบันทึกผลที่ 2 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการทดลอง

4. คำนวณหาแรงลัพธ์ที่ได้ บรรยายสภาพการเคลื่อนที่ของถุงทราย พร้อมทั้งสรุปผลการทดลอง
5. ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์การเคลื่อนที่ของรถยนต์แล้วตอบคำถาม
6. นำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมมาปรับแก้ไขแผนภาพแล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผลที่ 3
7. พร้อมนำเสนอหน้าชั้นเรียน พร้อมบันทึกสิ่งที่ต้องปรับแก้ไขเพิ่มเติม
8. สรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

ตารางบันทึกผลที่ 1 แสดงแผนภาพเริ่มต้น

แผนภาพเริ่มต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สิ่งที่ต้องปรับแก้ไขจากการนำเสนอ

_____

_____

_____

_____

_____

ตารางบันทึกผลที่ 2 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการทดลอง

สถานการณ์	**ขนาดของแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านค่าได้ (N)**
ตอนที่ 1 เครื่องชั่งสปริงวัดขนาดแรงของถุงทราย	
ตอนที่ 2 เครื่องชั่งสปริง 2 ตัว เกี่ยวถุงทรายมุมละ 1 ตัว เพื่อหาขนาดแรงของถุงทราย	

จงคำนวณหาค่าแรงลัพธ์ที่ได้ พร้อมทั้งบรรยายถึงสภาพการเคลื่อนที่ของถุงทราย

สรุปผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางบันทึกผลที่ 3 แสดงแผนภาพที่ปรับแก้ไขพร้อมนำเสนอหน้าชั้นเรียน

แผนภาพที่ปรับแก้ไขพร้อมนำเสนอหน้าชั้นเรียน

สิ่งที่ต้องปรับแก้ไขเพิ่มเติม

สรุปกฎข้อการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia) ได้ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **วิชา วิทยาศาสตร์ 5**

มัธยมศึกษาปีที่ 3 **จำนวน 3 คาบ 150 นาที**

ผู้สอน นายสุทธิชาติ เปรมกมล

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และ แรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตัวชี้วัด ม.3/1 อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่ทำต่อวัตถุ

<u>วัตถุประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อนักเรียนเรียนจบคาบนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
2. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้
3. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้

<u>สาระการเรียนรู้</u>

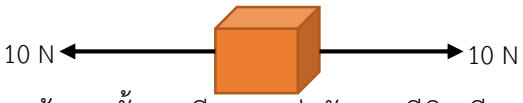
กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)

แรงลัพธ์ (Net force) ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ ($\sum \vec{F} = \mathbf{0}$) วัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่ หมายถึง ถ้าวัตถุหยุดนิ่งก็จะรักษาสภาพการหยุดนิ่งต่อไป แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และมีทิศทางเดิมตลอดการเคลื่อนที่นั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

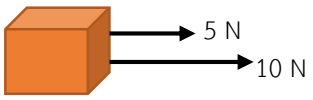
การหาแรงลัพธ์

1. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้าม แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์



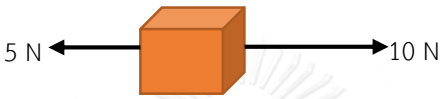
แรงลัพธ์ = 0

2. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันและมีทิศเดียวกัน แรงลัพธ์จะเกิดจากผลรวมของแรงทั้งสองนั้น



แรงลัพธ์ = 15

3. ถ้าแรงทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากันและมีทิศตรงข้าม แรงลัพธ์เกิดจากการลบกันของแรงทั้งสอง



แรงลัพธ์ = 10

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ (15 นาที)

1. ครูนำถุงทราย 1 ถุง มาไว้บนโต๊ะแล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบดังนี้

1.1 ถุงทรายนี้มีแรงอะไรมากระทำบ้าง

1.2 ขนาดและทิศของแรงเหล่านั้นเป็นอย่างไร

1.3 แรงลัพธ์ที่กระทำต่อถุงทรายนี้เป็นอย่างไร

1.4 จากคำตอบข้างต้นนักเรียนทราบได้อย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสอน (100 นาที)

3. ครูให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4 คน จำนวน 9 กลุ่ม

4. ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับแบบบันทึกกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนรู้เรื่องนี้

5. ครูใช้คำถามก่อนการทดลอง ดังนี้

5.1 ถ้าให้พิจารณาขนาดและทิศทางของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อถุงทรายในแนวระดับ (แกน X) และแนวดิ่ง (แกน Y) แรงต่าง ๆ เป็นอย่างไร ทราบได้อย่างไร

5.2 เครื่องมือใดบ้างที่สามารถนำมาวัดแรงได้

6. ครูให้นักเรียนนำเครื่องชั่งสปริงมาวัดหาขนาดแรงของถุงทราย 3 ครั้ง พร้อมทั้งจดบันทึกค่าแรงที่วัดได้

7. ครูใช้คำถามดังนี้

7.1 แรงที่นักเรียนวัดมีทิศเป็นอย่างไร และมีขนาดเท่าไหร่

7.2 แล้วแรงที่มีทิศชี้ขึ้นมีขนาดเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

7.3 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีแรงในทิศชี้ขึ้นกระทำอยู่

8. ครูให้นักเรียนนำสปริงออกมาแล้วออกแรงกดในแนวดิ่งพร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

8.1 เมื่อนักเรียนออกแรงกดสปริง นักเรียนรู้สึกว่ามีแรงอีกหนึ่งแรงที่กระทำต่อมือนักเรียนใน ทิศตรงกันข้ามหรือไม่ อย่างไร

8.2 แรงกดของนักเรียนกับแรงที่สปริงออกแรงต้าน แรงใดมีขนาดมากกว่ากัน สุดท้ายแล้วสปริงมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไร

8.3 ดังนั้นแรงลัพธ์ของการออกแรงกดสปริงน่าจะมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร

9. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงผลการเรียนรู้เรื่องการกดสปริงเข้ากับแรงที่ถุงทรายกดลงบนโต๊ะ แล้วแรงที่โต๊ะออกแรงต้านต่อถุงทรายในแนวดิ่งว่ามีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร รวมทั้งพิจารณาถึงแรงลัพธ์ว่ามีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร พร้อมทั้งพิจารณาถึงการเคลื่อนที่ของถุงทรายว่ามีการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

10. ครูใช้คำถามดังนี้

10.1 ถ้าหากนำเครื่องชั่งสปริง 2 ตัว มาชั่งถุงทรายมุมละ 1 ตัว ตาชั่งสปริงจะอ่านค่าได้อย่างไร

10.2 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

11. ครูให้นักเรียนนำตาชั่งสปริง 2 ตัว เกี่ยวถุงทรายมุมละ 1 ตัวเพื่อหาขนาดของแรง พร้อมบันทึกผล

12. ครูใช้คำถามดังนี้

12.1 จำนวนตาชั่งสปริงมีผลต่อการวัดขนาดของแรงหรือไม่ อย่างไร

12.2 ผลของแรงลัพธ์มีขนาดและทิศทางเป็นเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร

12.3 ถ้าขนาดของแรงทั้งสองเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้วัตถุนั้นมีขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เป็นอย่างไร

12.4 ถ้าผลของแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์แล้ววัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ครูให้นักเรียนพิจารณาถึงแรงในแนวระดับที่กระทำต่อถุงทรายว่าเป็นอย่างไร แรงลัพธ์มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร สามารถทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

14. ครูยกตัวอย่างสถานการณ์การขับรถยนต์ทางตรงด้วยความเร็วคงที่แล้วถามคำถามดังนี้

14.1 อัตราเร็วของรถยนต์เป็นอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

14.2 ถ้าขับด้วยอัตราเร็วคงที่แล้วมุ่งหน้าไปยังทิศทางเดิมตลอด ความเร็วของรถยนต์คันนี้จะเป็นอย่างไร

14.3 หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วแล้ว ขนาดและทิศทางของการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนี้เป็นอย่างไร

14.4 ถ้าผลรวมของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์ในวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

15. ครูนำนักเรียนเชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้เข้ากับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันว่ากล่าวไว้ว่าอย่างไร และบอกนักเรียนว่ากฎข้อนี้เรียกว่า กฎของความเฉื่อย

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป (35 นาที)

16. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

17. ครูนำตัวอย่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ คือ 1) คนนั่งอยู่บนผิวโลก กับ 2) รถบรรทุกวิ่งด้วยความเร็วคงที่ มาให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แล้วนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 มาอธิบายเหตุการณ์นั้น

18. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน แล้วหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ในเหตุการณ์นั้นมาด้วย

<u>การวัดและประเมินผล</u>

1. ประเมินความถูกต้องของการหาค่าแรงลัพธ์
2. ประเมินความถูกต้องของการอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
3. ประเมินความถูกต้องของการยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. เอกสารประกอบกิจกรรม เรื่อง “กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)”
2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ตาชั่งสปริง ถุงทราย เชือก สปริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรม

เรื่อง “กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Law of Inertia)”

สมาชิกในกลุ่มที่ _____ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/_____

1._____ 3._____

2._____ 4._____

กิจกรรม การทดลองเพื่อศึกษาแรงลัพธ์และสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม: เพื่อศึกษาแรงลัพธ์และสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

คำชี้แจง:

กิจกรรมการเรียนรู้นี้ ประกอบด้วย 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1

1. ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลอง
2. ให้นักเรียนนำเครื่องชั่งสปริงมาวัดหาขนาดแรงของถุงทราย 3 ครั้ง แล้วจดบันทึกค่าแรงที่วัดได้ ลงในตารางบันทึกผลที่ 1 พร้อมทั้งตอบคำถามหลังการทดลอง

ตอนที่ 2

3. ให้นักเรียนนำสปริงออกมาแล้วออกแรงกดในแนวดิ่ง พร้อมตอบคำถามหลังการทดลอง

ตอนที่ 3

4. ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลอง
5. ให้นักเรียนนำตาชั่งสปริง 2 ตัว เกี่ยวถุงทรายมุมละ 1 ตัวเพื่อหาขนาดของแรงแล้วจดบันทึกค่าแรงที่ วัดได้ ลงในตารางบันทึกผลที่ 2 พร้อมทั้งตอบคำถามหลังการทดลอง

ตอนที่ 4

6. ให้นักเรียนวิเคราะห์ภาพการเคลื่อนที่ของรถยนต์แล้วตอบคำถาม
7. สรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตอนที่ 1</u>

คำถามก่อนการทดลอง

1. ถ้าให้พิจารณาขนาดและทิศทางของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อถุงทรายในแนวระดับ (แกน X) และแนวดิ่ง (แกน Y) แรงต่างๆ เป็นอย่างไร ทราบได้อย่างไร

_____

_____

_____

2. เครื่องมือใดบ้างที่สามารถนำมาวัดแรงได้

_____

ตารางบันทึกผลที่ 1

วัดครั้งที่	ขนาดของแรงที่วัดได้ (N)
1	
2	
3	
ค่าเฉลี่ย	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามหลังการทดลอง

1. แรงที่นักเรียนวัดมีทิศเป็นอย่างไร และมีขนาดเท่าไหร่

_____

2. แล้วแรงที่มีทิศชี้ขึ้นมีขนาดเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

_____

3. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีแรงในทิศชี้ขึ้นกระทำอยู่

_____

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนนำสปริงออกมาแล้วออกแรงกดในแนวดิ่งแล้วตอบคำถามดังนี้

1. เมื่อนักเรียนออกแรงกดสปริง นักเรียนรู้สึกว่ามีแรงอีกหนึ่งแรงที่กระทำต่อมือนักเรียนในทิศตรงกันข้ามหรือไม่ อย่างไร

_____

_____

2. แรงกดของนักเรียนกับแรงที่สปริงออกแรงต้าน แรงใดมีขนาดมากกว่ากัน สุดท้ายแล้วสปริงมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไร

_____

_____

3. ดังนั้นแรงลัพธ์ของการออกแรงกดสปริงน่าจะมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร

_____

_____

ตอนที่ 3

คำถามก่อนการทดลอง

1. ถ้าหากนำเครื่องชั่งสปริง 2 ตัว มาชั่งถุงทรายมุมละ 1 ตัว ตาชั่งสปริงจะอ่านค่าได้อย่างไร

_____

2. เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

_____

_____

ตารางบันทึกผลที่ 2

จำนวนตาชั่งสปริงที่ใช้วัดถุงทราย 1 ถุง (อัน)	ขนาดของแรงที่วัดได้ (N)
1	
2	

คำถามหลังการทดลอง

1. จำนวนตาชั่งสปริงมีผลต่อการวัดขนาดของแรงหรือไม่ อย่างไร

_____

_____

2. ผลของแรงลัพธ์มีขนาดและทิศทางเป็นเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร

_____

_____

3. ถ้าขนาดของแรงทั้งสองเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้วัตถุนั้นมีขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เป็นอย่างไร

_____

_____

4. ถ้าผลของแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์แล้ววัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

_____

_____

<u>ตอนที่ 4</u> ให้นักเรียนวิเคราะห์ภาพการเคลื่อนที่ของรถยนต์แล้วตอบคำถามดังนี้

1. จากเวลาเริ่มต้นจนถึงวินาทีที่ 75 รถยนต์คันนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่ มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือไม่

_____

_____

2. ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว แล้วขนาดและทิศทางของการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนี้เป็นอย่างไร

_____

_____

3. ขนาดและทิศทางแรงลัพธ์ของรถยนต์คันนี้เป็นอย่างไร

---

4. ดังนั้นแล้วเมื่อผลรวมของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์ที่เกิดขึ้นในวัตถุที่หยุดนิ่งและวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แล้วจะทำให้เกิดหารเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร

สรุปผลการทดลอง (กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อคำถาม	ระดับความสอดคล้อง			IOC	การแปลความหมาย
	-1	0	1		
1	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
2	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
3	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
4	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล

ข้อคำถาม	ระดับความสอดคล้อง			IOC	การแปลความหมาย
	-1	0	1		
1	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
2	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
3	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
4	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
5	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
6	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
7	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
8	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
9	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
10	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
11	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
12	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง

ข้อคำถาม	ระดับความสอดคล้อง			IOC	การแปลความหมาย
	-1	0	1		
13	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
14	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
15	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
16	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
17	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
18	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
19	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
20	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
21	-	-	3	1.0	วัดได้สอดคล้อง
22	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
23	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง
24	-	1	2	0.6	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุทธิชาติ เปรมกมล เกิดเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2533 สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรบัณฑิต ภาควิชาลักสูตร และการสอน สาขาวิชา มัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกคู่ วิทยาศาสตร์ทั่วไป และชีววิทยา จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2555 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University