ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

THE EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING THE COMMON KNOWLEDGE CONSTRUCTION MODEL ON EXPLANATION MAKING ABILITY AND CONCEPTS OF WORK AND ENERGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Anongrat Kaewbamrung

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Education Program in Science Education

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

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

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ)

อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง : ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (THE EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING THE COMMON KNOWLEDGE CONSTRUCTION MODEL ON EXPLANATION MAKING ABILITY AND CONCEPTS OF WORK AND ENERGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 163 หน้า

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 3) ศึกษามโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน 4) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 66 คน โดยกำหนดเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 33 คน เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและกลุ่มเปรียบเทียบจำนวน 33 คน เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ประกอบด้วย (1)แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .75 (2) แบบสอบการสร้างคำอธิบายที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .95 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง0.50 – 0.54 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23 -0.47ค่าความตรงเท่ากับ 0.78และแบบประเมินคำอธิบาย มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 มีค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.54-0.83 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21-0.86 ค่าความตรงเท่ากับ 0.82 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเท่ากับ 75.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานเท่ากับ 75.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2554

5283461927: MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: COMMON KNOWLEDGE CONSTRUCTION MODEL / CONCEPTS OF WORK AND ENERGY / EXPLANATION MAKING ABILITY.

ANONGRAT KAEWBAMRUNG: THE EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING THE COMMON KNOWLEDGE CONSTRUCTION MODEL ON EXPLANATION MAKING ABILITY AND CONCEPTS OF WORK AND ENERGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASSOC. PROF. PIMPAN DACHAKUPT, Ph.D., 163 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this research were 1) to study the ability of explanation making of students taught by the common knowledge construction model, 2) to compare the ability of explanation making of students between the group taught by the common knowledge construction model and the comparative group taught by the conventional instruction 3) to study the concepts of work and energy of students taught by the common knowledge construction model 4) to compare the concepts of work and energy of students between two groups: an experimental group, which taught by common knowledge construction model, a comparative group taught by conventional instruction. The samples were 2 classrooms of Mathayom Suksa 4 students of Deebuk Phangnga Wittayayon School, Phangnga Province, in academic year 2011: the experimental group and the comparative group. The research instruments were 1) the test on the scientific explanation making ability. It consists of (1) the evaluation of the explanation making process with the level of reliability at 0.75, (2) the test of explanation making with reliability at 0.95, the level of difficulty between 0.50 - 0.54, and the level of discrimination between 0.23 - 0.47 and validity of 0.83 and the test on the scientific explanation with the level of reliability of 0.83. 2) The test on concept of work and energy with reliability at 0.85, the level of difficulty between 0.54-0.83, and the level of discrimination between 0.21-0.86 and validity at 0.82. Statistics used to analyze the collected data were arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The students who learned through common knowledge construction model had the mean score of explanation percentage of 75.40 which were higher than criterion set.

2. The students who learned through common knowledge construction model had average scores of the explanation making ability higher than the comparative group at 0.05 level of significance.

3. The students who learned through common knowledge construction model had average scores of the concepts of work and energy at the percentage of 76.40 which were higher than criterion set.

4. The students who learned through common knowledge construction model had average scores of the concepts test of work and energy higher than the comparative group at 0.05 level of significance.

Department: Curriculum and Instruction — Student's Signature……..
Field of Study: Science Education — Advisor's Signature……..
Academic Year: 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ อบรมสั่งสอน ให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดต่างๆอันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการทำวิจัยและการประกอบวิชาชีพครู ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีและพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านกรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณโครงการส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์(สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มอบทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาให้แก่ข้าพเจ้าตลอดหลักสูตรการศึกษาปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ขอขอบพระคุณผู้บริหารและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายนทุกท่านที่ให้โอกาสและสนันสนุนข้าพเจ้าให้ได้ลาศึกษาต่อและกรุณาให้โอกาสในการทำงานวิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติๆ และเพื่อนๆ โดยเฉพาะ ดร.ปิยพัฒน์ พูลทอง น้องข้าวไหม้ น้องมุ๊บมิ๊บ ที่ให้ความรัก ความห่วงใยและกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านเสมอมาจนการวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณบุคคลอันเป็นที่รักทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้ความห่วงใย ความเข้าใจและเป็นกำลังใจที่ดีให้กันเสมอมา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ฏ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	คำถามการวิจัย	9
	วัตถุประสงค์การวิจัย	9
	สมมติฐานการวิจัย	10
	ขอบเขตการวิจัย	11
	นิยามศัพท์	11
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
	การสร้างคำอธิบาย	15
	มโนทัศน์และการวัดมโนทัศน์	26
	รูปแบบสร้างความรู้พื้นฐาน	38
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	55
3	วิธีดำเนินการวิจัย	60
	รูปแบบการ	60
	วิจัย	61
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	62
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	79
	การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	80
	การวิเคราะห์ข้อมูล	
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	82

บทที่ **หน้า**

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 90
สรุปผลการวิจัย..... 91
อภิปรายผล..... 91
ข้อเสนอแนะ..... 98
รายการอ้างอิง..... 100
ภาคผนวก.....
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 111
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 113
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 128
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 150
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน..... 157
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 163

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบาย…….……	25
2	มโนทัศน์จำแนกตามสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน……...	34
3	ลักษณะสำคัญ 5 ประการของการเรียนการสอนแบบสืบสอบทางวิทยาศาสตร์….....	40
4	เปรียบเทียบรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และ รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน……	48
5	เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติกับขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน…….	49
6	แสดงบทบาทของครูและนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน……..	52
7	ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)และ ค่าที(t) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลางภาควิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2……..……	62
8	รายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายของพฤติกรรมที่ต้องการวัดจำแนกตามขั้นตอนการเรียนการสอน……	64
9	เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการจำแนกตามรายการประเมิน……	66
10	สาระที่คัดเลือกจำแนกตามหัวเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน……...	69
11	เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินคำอธิบาย……...	72
12	จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานจำแนกตามมโนทัศน์ของหัวข้อเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน……	74
13	จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงานจำแนกตามระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนก…….	76

ตารางที่ **หน้า**

14 จำนวนคาบตามสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน..... 78

15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที(t) ของคะแนนคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 83

16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 83

17 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 84

18 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 84

19 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที(t) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 85

20 คะแนนเฉลี่ยของรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายระหว่างนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบและกลุ่มทดลอง..... 86

21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบทีของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน..... 87

22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 88

ตารางที่ **หน้า**

23 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ..... 88

24 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานในแต่ละหัวข้อเรื่องของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ..... 89

25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย..... 146

26 ขนาดของความสัมพันธ์ (r) การให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย... 146

27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง ข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบาย..... 146

28 ค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์..... 147

29 ค่าความเที่ยงของแบบสอบ..... 147

30 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินคำอธิบาย..... 147

31 ขนาดของความสัมพันธ์ (r) การให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญของแบบประเมินคำอธิบาย..... 147

32 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน..... 148

33 ค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายข้อของมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน..... 149

34 ค่าความเที่ยงของแบบสอบ..... 150

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการทำวิจัย……..……....	59
2	รูปแบบการวิจัยแบบ Two - group pretest-posttest design…..	60
3	แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ……..	85

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดการศึกษา คือ การเตรียมเยาวชนให้เป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ มีศักยภาพและมีความสามารถในการแข่งขันได้ในอนาคต การให้การศึกษาที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายจึงต้องให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในชีวิตจริง สามารถคิด วิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1) ดังนั้นการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิตและมีส่วนร่วมในสังคมที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตในทุกระดับ ทั้งตัวบุคคล ในอาชีพการงานและในสังคมวัฒนธรรม ทำให้บุคคลสามารถรับรู้และตัดสินประเด็นปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจมีส่วนร่วมในสังคมระดับชุมชน ระดับประเทศรวมถึงระดับโลกอย่างเต็มภาคภูมิ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 1)

ประเทศไทยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เกิดสมรรถนะสำคัญคือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต รวมไปถึงความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 4) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์และคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้และมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 1) โดยความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 61)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกของธรรมชาติ (natural world) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้ เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้น ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด

ลงมือปฏิบัติจริง ก็จะเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นรวมถึงชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนาย คาดการณ์สิ่งต่างๆได้อย่างมีเหตุมีผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548: 4) โดยพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2545) ในหมวดที่ 4 แนวการจัดการศึกษา มาตราที่ 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ดังนั้นกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพและมาตราที่ 24 ว่าด้วยการจัดการเรียนรู้ต้องฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และประยุกต์ใช้ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา ฝึกให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2546) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว จำเป็นต้องคำนึงถึงกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย มีการตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้ เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่าง ๆ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: ออนไลน์)

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 1) ดังนั้นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือการทำให้นักเรียนทุกคนมีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ไม่ว่าจะเป็นการรู้ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน รวมถึงความรู้มิติต่างๆทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 61) ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์(Scientific Literacy) จะหมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน มีศักยภาพในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการระบุคำถามของปัญหาและการสรุปโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์โดยสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับธรรมชาติ,เทคโนโลยีและกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (OECD, 1998: 47; OECD, 2007: 280) ซึ่งก็คือการมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอที่จะตัดสินใจและมีส่วนร่วมในสังคมนั่นเอง (National Academy of Sciences, 1995: 15 อ้างถึงใน NCREL and Metiri group, 2003: 18) ซึ่งPISAได้มีการนิยามบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์ คือบุคคลที่มี (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และใช้ความรู้นั้นเพื่อระบุปัญหา เพื่อหาความรู้ใหม่ อธิบายปรากฏการณ์และตัดสินใจเรื่องที่

เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการหาความรู้ของมนุษย์ (3) ความตระหนักว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ และวัฒนธรรมใหม่ของมนุษยชาติ (4) ความตั้งใจและเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในทางวิทยาศาสตร์และมีความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ ครอบคลุมถึงแง่มุมทางเจตคติและการให้คุณค่าต่อวิทยาศาสตร์ด้วย (OECD, 2009: 2)

การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการประเมินผลความรู้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สัมพันธ์กับชีวิต ขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ(Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ดำเนินการโดยผ่านโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติคือPISA (Program for International Student Assessment) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการแข่งขันของเยาวชนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยยึดหลักพื้นฐานว่า “คุณภาพของการศึกษาเป็นตัวชี้วัดศักยภาพของการพัฒนาทางเศรษฐกิจ” โดยมีการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสติปัญญาซึ่งกำหนดไว้สามประการ ได้แก่ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identify Scientific Issues) โดยประเมินจากความสามารถในการระบุคำถาม ตั้งคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ระบุคำสำคัญสำหรับค้นคว้า สำรวจตรวสอบและรู้ลักษณะสำคัญของการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์ในทางวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) ซึ่งประเมินจากความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องหลักฐานเชิงประจักษ์และความสามารถในการบรรยาย อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สมเหตุสมผล (3) การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากความสามารถในการใช้หลักฐานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สรุปจากหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายและสามารถนำเสนอความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปชัดเจนและมีเหตุผล(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 69)

ผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ ภายใต้ความร่วมมือของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยร่วมมือกับองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) ที่ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ โครงการระยะที่เริ่มต้น คือ PISA 2000 และมีการประเมินทุก 3 ปี คือ PISA 2000,

PISA 2003, PISA 2006 และการวิจัยครั้งนี้ เป็น PISA 2009 มีประเทศสมาชิก OECD จำนวน 34 ประเทศและประเทศที่เข้าร่วมโครงการ 41 ประเทศ โดยมีการกำหนดค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 4) จากผลการประเมิน PISA 2000, PISA 2003, PISA 2006 และPISA 2009 พบว่านักเรียนไทยได้คะแนน 421, 432, 429 และ 425คะแนนตามลำดับ ซึ่งอยู่ลำดับที่ 47- 49 จากประเทศที่เข้าร่วมทั้งหมด 65 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 10-12) จากผลคะแนนของนักเรียนไทยจัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในกลุ่มต่ำ (สุนีย์ คล้ายนิลและปรีชาญ เดชศรี, 2549: 61-79) และจากผลการประเมินการสอบ ONET ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพังงา ประจำปี 2552 และ 2553 ในวิชาวิทยาศาสตร์จำแนกคะแนนเฉลี่ยตามจังหวัด โดยในจังหวัดพังงามีผลคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 26.51 และ26.99 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และเมื่อพิจารณาในสาระที่ 5 พลังงานแล้ว ปรากฏว่ามีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 4.23 คะแนนและ 4.63 คะแนนตามลำดับ โดยมีทั้งหมดคะแนนเต็ม 14 คะแนน (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2553: online) สอดคล้องกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ร่วมกับ The InternationalAssociation for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) ซึ่งเป็นสมาคมนานาชาติที่ทำหน้าที่ประเมินผลด้านการศึกษา จัดทำโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ พ.ศ.2550 (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS2007) โดยได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปีงบประมาณ 2547 และแล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2552 เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (grade 4) และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2(grade 8) มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 59 ประเทศและรัฐที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมด 7 รัฐ สำหรับประเทศไทยได้มีการร่วมประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 5,412 คน, ครูวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2จำนวน 150 คน และผู้บริหารโรงเรียน จำนวน 150 คน โดยมีขอบเขตของการประเมินด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (Content Domain) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา(Cognitive Domain) 3 ด้านคือ(1)ความรู้ความเข้าใจ (Knowing) (2)การประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และ(3)การบูรณาการความรู้และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยกำหนดค่ากลางของคะแนนเฉลี่ยการประเมินเท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552: 19) ผลการประเมินของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 471 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินและจัดอยู่ในลำดับที่ 22 ของ

ประเทศที่เข้าร่วมประเมินและเมื่อจำแนกตามเนื้อหาในส่วนของวิชาฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 458 คะแนนซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552: ก)

จากรายงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำและการประเมินด้านการรู้วิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด อาจเป็นเพราะนักเรียนไทยไม่เข้าใจในมโนทัศน์หรือไม่คุ้นเคยกับลักษณะของข้อสอบที่ต้องวิเคราะห์ใช้เหตุผลหรือข้อสอบแบบเขียนตอบ เขียนอธิบายเหตุผล การตีความและการอ้างอิงหรือใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งข้อสอบแบบนี้เป็นสิ่งที่นักเรียนไทยไม่คุ้นเคย ดังนั้นนักเรียนควรจะได้รับการฝึกฝนให้เคยชินกับการเขียนอธิบาย การให้เหตุผล เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดมากกว่าการเลือกตอบ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการคิดในระดับสูงและเป็นการยกคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนให้สูงขึ้น เพราะสิ่งนี้คือทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 79) สอดคล้องกับรายงานสรุปผลการดำเนินงาน 9 ปีของการปฏิรูปการศึกษา(พ.ศ 2542 – 2551) ที่ได้สรุปปัญหาในประเด็นการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอาจเกิดจากหลักสูตรการเรียนการสอนที่มีการวัดและประเมินผลไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน เน้นการท่องจำ ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนเบื่อการเรียน ไม่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ไม่เน้นการฝึกภาคปฏิบัติ และไม่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา ทั้งนี้ยังได้นำเสนอประเด็นเร่งด่วนที่ต้องแก้ไขเป็น อันดับแรก คือ ความสามารถในการอ่านและเขียน ที่พบว่ามีประชากรยังไม่รู้หนังสือและเด็กมีความสามารถในการอ่านอยู่ในระดับต่ำกว่าพื้นฐาน อ่านไม่ออกเขียนไม่ได้(กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 7- 9) ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาคือ การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิดของนักเรียนโดยมุ่งให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 1)

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติและเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกายังได้กำหนด ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเป็นหนึ่งในลักษณะสำคัญของการ

สืบสอบอีกด้วย โดยนักเรียนสามารถ (1) ให้ความสำคัญกับหลักฐานเพื่อการประเมินคำอธิบายตามคำถามที่ใช้ในการสืบสอบ (2) สร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ได้จากการสืบสอบ (3) สร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เหตุผลและหลักฐาน (4) มีความเข้าใจว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เน้นการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และใช้หลักการ ทฤษฎีประกอบการอธิบาย (National Research Council: NRC, 2000: 19-25) ในขณะที่ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สังคมและการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551: 3) เป้าหมายดังกล่าวแสดงจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ กฎ หลักการ และทฤษฎี ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยการระบุมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับและดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการและกระบวนการต่างๆที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์นั้น สามารถนำมโนทัศน์นั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ รวมทั้งมีการประเมินผลโดยมุ่งไปที่ความเข้าใจของผู้เรียนในมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2551: 130) โดยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบเน้นมโนทัศน์เพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเองโดยผู้สอนไม่สามารถปรับกระบวนการสร้างทางปัญญา (cognitive structure) ของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (unequilibrium) ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม แล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข, 2551: 24)

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นการเรียนการสอนแบบสืบสอบเพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายได้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์โดยใช้กิจกรรมแก้ปัญหาที่หลากหลายซึ่งเกี่ยวข้องกับ การสังเกต การตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชิงตรรกะ นำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายและทดสอบคำอธิบายที่ขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นสื่อสารมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปสู่บริบทอื่นๆในชีวิตประจำวัน(National Research Council, 1996: 2) ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพื่อเป็นแนวทางในการ

พัฒนาด้านความคิดและสติปัญญาและเป็นพื้นฐานในการเรียนในขั้นต่อไป นอกจากนี้ National Science Education Standard (National Research Council, 1996: 21-27) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 5 ประการดังนี้

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่สนับสนุนการอธิบายที่เป็นคำตอบของคำถาม
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. ผู้เรียนสื่อสารความหมายและแสดงเหตุผลในการอธิบาย

จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบดังกล่าวพบว่าได้มีการกล่าวถึง การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานของผู้เรียนซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสร้างคำอธิบายที่เป็นข้อสรุปที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากหลักฐาน ผู้เรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสู่ผู้อื่นและเชื่อมโยงไปสู่บริบทอื่นได้ และ PISA ยังมีการนิยามการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจได้ให้ความสำคัญของการอธิบายซึ่งทำให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล การใช้ประจักษ์พยาน หลักฐานในการกล่าวอ้างสู่ข้อสรุปหรือการพยากรณ์สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ ซึ่งการแสดงออกว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ ไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์หรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงโดยมีการให้เหตุผลสนับสนุน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 143)

การเรียนการสอนแบบสืบสอบทำให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนจะสร้างความรู้จากการลงมือปฏิบัติ โดยการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วางแผนค้นคว้าหาคำตอบ การรวบรวมข้อมูล สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ประเมินข้อสรุปจากทางเลือกต่างๆ สื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุป (National Research Council, 2000) ซึ่งรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจสามารถสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ได้ จึงเป็นการ

ยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น โดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์อยู่บนรากฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม พัฒนาโดย Ebenezer (1999: 97)เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยได้พัฒนาและประยุกต์มาจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Bybee ที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ รวมสามารถสร้างความหมายและคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ กล่าวคือ การที่ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ แล้วมีการสืบค้นข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูล ออกแบบวิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหา และดำเนินการทดลองด้วยตนเอง รวมถึงสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจและนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้กับเหตุการณ์ที่ซับซ้อนหรือในชีวิตประจำวันและสังคม (Ebenezer, 1999: 97)

รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูทบทวนความรู้เดิมและยกตัวอย่างสถานการณ์หรือกิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อระบุปัญหา จากนั้นรวบรวมและจัดกลุ่มความคิดของนักเรียนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในขั้นต่อไป

2. ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป (Constructing and Negotiating) เป็นขั้นระบุสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบสมมติฐาน เจรจาหาข้อสรุปภายในกลุ่ม อภิปรายในชั้นเรียน เพื่อนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ของตนเอง

3. ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นที่มีความซับซ้อนหรือนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

4. ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) เป็นขั้นที่ปรากฏในทุกขั้นตอน โดยครูจะประเมินการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน มีการประเมินการทำงานกลุ่มของนักเรียน จากนั้นให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยประเมินจากใบกิจกรรมหรือใบงาน

รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมุ่งพัฒนานักเรียนได้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และสอดคล้องกับสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้โดยผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ คือ (1) ความสามารถในการสื่อสาร ที่จะให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ ถ่ายทอดความคิดและทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รวมทั้งเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุป (2) ความสามารถในการคิด คือผู้เรียนจะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดอย่างเป็นระบบ (3) ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและ (4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต สามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการดำเนินชีวิต การทำงานหรือการอยู่ในสังคมและความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 3)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน พัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ ได้ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นหาคำตอบของปัญหาที่สนใจ ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ ในสาระชัดเจนขึ้นและสามารถสร้างคำอธิบายได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อศึกษาผลที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำถามการวิจัย

1. การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานสามารถเสริมสร้างความสามารถในการสร้างคำอธิบายหรือไม่

2. การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสร้างความรู้พื้นฐานสามารถเสริมสร้างมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

3. เพื่อศึกษามโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ารูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Ebenezer (2009: 135) ซึ่งได้ศึกษาผลกระทบของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานในวิชาชีววิทยาเรื่องการขับของเสีย ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 35 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 33 คน โดยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01

การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีพื้นฐานมาจากแนวทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ที่ว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองและทฤษฎีการเรียนรู้ Social Constructivism ที่ว่าผู้เรียนทุกคนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในระหว่างที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่หรือมโนทัศน์ใหม่ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาด้านความคิด และสติปัญญา และเป็นพื้นฐานในการเรียนในขั้นต่อไป นอกจากนี้ National Science Education Standard (National Research Council, 1996: 21-27) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยสรุปว่า ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดคำถามเพื่อสืบสอบ สร้างคำอธิบายจากหลักฐานสื่อสารความหมายได้เชื่อมโยงไปสู่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Rowntree (1981: 201) ที่กล่าวว่า “การเรียนรู้โดยการสืบสอบ (inquiry learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนพัฒนามโนทัศน์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์” และจากงานวิจัยของ Ebenezer et al. (2008: 25) ยังพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานสามารถสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้

จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่าร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้รูปแบบการแบบสร้างความรู้พื้นฐานจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้รูปแบบการแบบสร้างความรู้พื้นฐานจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่าร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้รูปแบบการแบบสร้างความรู้พื้นฐานจะมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ในความดูแลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัยมีดังนี้

2.1. ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ

2.2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

นิยามศัพท์

1. **การสร้างความรู้พื้นฐาน** หมายถึง กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานอาจเป็นข้อเท็จจริง มโนทัศน์ประเภทคำนิยามหรือความคิดสำคัญ หลักการ กฎและทฤษฎี

2. **การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน** ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาด้วยการทำกิจกรรมดังนี้

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมและยกตัวอย่างสถานการณ์หรือกิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและนำไปสู่การระบุประเด็นปัญหา

1.2 นักเรียนสังเกตและอธิบายสถานการณ์หรือกิจกรรมที่ครูยกตัวอย่างโดยใช้ความรู้เดิม

1.3 ครูจะรวบรวมความคิดของนักเรียนแต่ละคนโดยไม่ตัดสินว่าความคิดนั้นผิดหรือถูกและจัดกลุ่มข้อมูลแต่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างของความคิดเพื่อเป็นแนวทางของสมมติฐานและนำไปสู่การเรียนรู้ขั้นถัดไป

2. ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป (Constructing and Negotiating) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการเจรจาเพื่อหาข้อสรุป ด้วยกิจกรรม ดังนี้

2.1 นักเรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ออกแบบการบันทึกข้อมูล การรวบรวมและแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

2.2 นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดลองมาเจรจาเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำอธิบายของกลุ่ม

2.3 นำเสนอผลการทดลองของกลุ่มผ่านการอภิปรายและนำผลจากการอภิปรายของกลุ่มอื่นมาคิดอย่างมีวิจารญาณ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เป็นของตัวเอง

3. ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นด้วยกิจกรรมดังนี้

3.1 ครูนำเสนอสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ที่ซับซ้อนหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

3.2 นักเรียนนำคำอธิบายหรือมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ที่ครูเสนอ

3.3 ครูทำหน้าที่ตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียน ถ้าหากว่ายังไม่ถูกต้อง ก็จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้นหรือมีความเข้าใจเชิงลึกและเชื่อมโยงกับบริบทอื่นได้

4. ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) เป็นขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินการเรียนรู้ระหว่างการเรียนการสอนและให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียน โดยประเมินจากเอกสารกิจกรรมการทดลอง, การนำเสนอผลการทดลอง, แบบสอบและการประเมินการสร้างคำอธิบายของนักเรียน โดยทั้งครูและนักเรียนมีส่วนในการประเมินการเรียนรู้

3. **การเรียนการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบปกติ** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ขั้นนี้เป็นการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสงสัยและสนใจที่จะเรียนรู้ โดยใช้สื่อการเรียนการสอน คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือปัญหาและต้องการที่จะหาคำตอบ

2. ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนี้เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยครูชี้ประเด็นเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการศึกษา ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อคาดคะเนคำตอบ จากนั้นครูแนะนำและทบทวนหน้าที่ของวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการศึกษาตลอดจนข้อควรระวังในการทดลอง

2.2 ขั้นปฏิบัติการศึกษา นักเรียนลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ รวบรวมความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆด้วยตนเอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

2.3 ขั้นอภิปรายหลังการศึกษานักเรียนนำเสนอข้อมูลและผลการทดลอง

3. ขั้นสรุป

3.1 ครูนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้ความรู้ที่สำคัญของบทเรียน

3.2 ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบาย

4. **คำอธิบาย** หมายถึง ข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ศึกษาในบริบทที่เกี่ยวข้องการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐานเชิงประจักษ์ (3) การให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

5. **ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย** หมายถึง การที่นักเรียนสามารถเขียนข้อความอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ศึกษา โดยการระบุข้อกล่าวอ้าง, หลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ไปสู่เหตุผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยความสามารถในการสร้างคำอธิบายวัดได้จาก2 ส่วนคือ (1) คำอธิบาย วัดจากแบบวัดการสร้างคำอธิบาย (2) กระบวนการสร้างคำอธิบาย วัดจากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายซึ่งแบบวัดทั้ง 2 ส่วนผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeille และคณะ เป็นแบบเกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพสร้างโดยผู้วิจัย

6. **มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน** หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับนิยามและความคิดสำคัญของเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน โดยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ แบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบข้อคำถามตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น

7. **นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย** หมายถึง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ในความรับผิดชอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การสร้างคำอธิบาย
   - 1.1 ความหมายของคำอธิบายและการสร้างคำอธิบาย
   - 1.2 องค์ประกอบของคำอธิบาย
   - 1.3 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
   - 1.4 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
2. มโนทัศน์และการวัดมโนทัศน์
   - 2.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์
   - 2.2 มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน
   - 2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์
3. รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   - 3.1 ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   - 3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   - 3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   - 3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   - 3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ
5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. การสร้างคำอธิบาย

การสร้างคำอธิบายเป็นการบอกหรืออธิบายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะมีการสืบสอบ ตั้งคำถามและสร้างคำอธิบายพร้อมเหตุผลเพื่อตอบคำถามต่างๆที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายใต้หลักฐาน โดยหลักฐานนั้นได้มาจากการสืบสอบสำรวจและลงมือปฏิบัติ โดยคำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นตรงกับหลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (David and Gina, 2008: 2) ดังนั้น การเรียนรู้เพื่อการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานและการสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องเตรียมหัวข้อหรือเนื้อหาและให้โอกาสแก่นักเรียนเพื่อฝึกให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน ซึ่งเป็นการสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ David (2008: 1

จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบาย มีประเด็นที่นำเสนอ 4 ประเด็นได้แก่ (1) ความหมายของคำอธิบายและการสร้างคำอธิบาย (2) องค์ประกอบของคำอธิบาย (3) พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบาย (4) แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของคำอธิบายและการสร้างคำอธิบาย

ความหมายของคำอธิบาย

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีหน่วยงาน นักวิชาการและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของคำว่า คำอธิบายในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ดังนี้

National Research Council (1996: 145 อ้างถึงในBerland and Reiser, 2009: 27) ให้ความหมายของคำอธิบายว่า “คำอธิบาย หมายถึง การรายงานถึงสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นและการแสดงความสัมพันธ์ถึงเหตุและผลที่เกิดขึ้นภายใต้ฐานหลักฐานและการโต้แย้งเชิงตรรกะ”

Chin and Brown (2000: 48) Beyer and Davis (2008: 383) ให้ความหมายของคำอธิบายว่า “การรายงานลักษณะความสัมพันธ์ของเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการให้เหตุผลเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์”

Gilbert et al. (2000: 193-194) กล่าวว่า คำอธิบาย หมายถึง คำตอบของคำถามที่มีความเฉพาะที่อธิบายการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและได้อ้างถึงการให้ความหมายของ Martin (1972: 183) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มี 5 ความหมาย ดังนี้

(1) การใช้ข้อความแสดงความหมายหรือการบรรยายที่เกี่ยวข้องกับบริบททางวิทยาศาสตร์

(2) ข้อความหรือประโยคที่แสดงถึงความมีเหตุมีผลที่มีความน่าเชื่อถือในบริบททางวิทยาศาสตร์

(3) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงสาเหตุและความเป็นเหตุเป็นผลของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

(4) การบรรยาย, รายงานหรือตอบคำถามถึงลักษณะ, หน้าที่และความสัมพันธ์ที่ได้มาจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

(5) การกล่าวอ้างถึงทฤษฎีที่มาจากการพิสูจน์จากกฎทางวิทยาศาสตร์

Norris el al. (2005: 535) ได้ให้ความหมายของคำอธิบายในบริบทที่เกี่ยวข้องวิทยาศาสตร์ในแต่ละลักษณะไว้ดังนี้

1. Interpretive explanation เป็นลักษณะของข้อความที่ความหมายสามารถเข้าใจได้ง่าย เช่นนิยาม ความคิดสำคัญรวมถึงข้อสรุป

2. Justificatory explanation เป็นการรายงานหรืออธิบายจากการตัดสินเพื่อแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินอาจจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับเหตุผล

3. Descriptive explanation เป็นการอธิบายโดยบรรยายขั้นตอนหรือโครงสร้างของความสัมพันธ์ที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลและหลักฐาน

4. Causal explanation เป็นการอธิบายโดยกล่าวถึงสาเหตุของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ด้วยข้อความหรือแบบรายงานทางวิทยาศาสตร์

5. Deductive–nomological explanation เป็นการอธิบายข้อเท็จจริงหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีการรวมกฎที่เป็นสากลอย่างน้อย 1 กฎ มีการแสดงความเห็นแบบนิรนัย

6. Statistical explanation เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยแสดงถึงข้อเท็จจริงหรือกฎ มีการให้ความเห็นแบบอุปนัยที่ไม่แสดงสาเหตุสำคัญ

7. Functional explanation เป็นการอธิบายลักษณะ รูปแบบหรือประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากลักษณะการทำงาน

8. Explanatory unification เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการหาหัวข้อที่เหมาะกับมุมมองทั่วไปของโลก มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน เป็นการอธิบายแบบนิรนัย

9. Pragmatic explanation เป็นการอธิบายโดยตอบคำถามของปัญหา ซึ่งคำถามจะถูกตั้งขึ้นและคำตอบจะอยู่ในบริบทสามารถอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและมีการลงความเห็นเกี่ยวกับเพื่อให้ได้ข้อสรุปนำไปสู่การตอบคำถาม

10. Narrative explanation เป็นการอธิบายเหตุการณ์โดยการเล่าเหตุการณ์ที่สำคัญไปถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งค้นหารวบรวมเพื่อแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์ที่อธิบายนั้นเป็นหนึ่งในชุดของเหตุการณ์ที่เข้าใจได้ดีและไม่สนับสนุนการทำนาย แต่ขึ้นกับการอธิบายย้อนกลับว่าเพื่อชี้ว่าสิ่งที่เป็นปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับอดีต

Gagnon and Abell (2008: 60) กล่าวว่า “คำอธิบายคือการบรรยายหรือบอกรายละเอียดของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์”

Kampourakis and Zogza (2008: 27) ได้ให้ความหมายของคำอธิบายในมุมมองเชิงปรัชญาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. คำอธิบาย คือ ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงที่เป็นเหตุเป็นผลกัน ซึ่งรวมถึงกฎที่นำเสนอในการตรวจสอบสมมติฐาน

2. คำอธิบาย คือ ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุและการบรรยายถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3. คำอธิบาย คือ ข้อความที่แสดงถึงการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงโดยการรวบรวมข้อเท็จจริงภายใต้พื้นฐานของแบบแผนและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่อธิบายที่เป็นเหตุผลของข้อเท็จจริง

ความหมายของการสร้างคำอธิบาย

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีหน่วยงาน นักวิชาการและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของคำว่า การสร้างคำอธิบาย ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

National Research Council. (2000: 25) ได้กล่าวถึงความหมายของการสร้างคำอธิบาย หมายถึง ข้อความหรือประโยคที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเหตุผลเป็นการให้สาเหตุและสร้างความสัมพันธ์โดยใช้หลักฐานและการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับการทดลองและการสังเกตจากธรรมชาติ เป็นการให้ความสำคัญกับหลักฐานและต้องใช้กระบวนคิดที่เกี่ยวข้องกับกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การจัดจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การลงความเห็น การทำนายและกระบวนการคิด รวมถึงการวิจารณ์ในเชิงเหตุผลและเชิงตรรกะ”

Etkina (2004: 17) ได้กล่าวถึงความหมายของการสร้างคำอธิบายไว้ดังนี้

1. การสร้างความชัดเจนให้กับสถานการณ์และเป็นข้อความที่คำอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้การเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์

2. การลงความเห็นในการนำคำอธิบายเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

3. การคาดเดาหรือทำนายอย่างมีเหตุผล โดยพจารณาจากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. การประเมินคำอธิบายและจะมีการแก้ไขคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลมาสนับสนุนมากพอ

5. การจำแนกประเภทและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความสัมพันธ์ของหลักฐานและพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐานและเหตุผล

McNeill et al. (2006: 153) ได้กล่าวถึงความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

“การสร้างคำอธิบาย หมายถึง ข้อความที่อธิบาย บรรยายเพื่อตอบคำถามของปัญหา ที่แสดงความเชื่อมโยง ประกอบด้วย (1)การกล่าวอ้างอิง(claim) ซึ่งเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามของปัญหา (2)หลักฐาน (evidence) ที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เป็นข้อมูลที่เหมาะสมโดยอ้างอิงข้อมูลอาจมาจากการสืบสอบ และ(3)การลงข้อสรุป (reasoning) ที่ให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน”

McNeill et al. (2007: 53) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายว่า “การสร้างคำอธิบาย หมายถึง การสร้างความหมายของการอธิบายที่มีการกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์และความเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยควรกำหนดไว้อย่างชัดเจน

David and Cervetti (2008: 2) ได้ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายไว้ดังนี้

1. เลือกเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อระบุคำถาม และเขียนคำถามให้ชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้

2. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐานโดยการสืบสอบพร้อมหลักฐานที่เชื่อถือได้

3. เขียนคำอธิบายคำตอบของปัญหาภายใต้หลักฐานที่ได้จากการสืบสอบอย่างเป็นขั้นตอน

4. อภิปรายคำตอบของปัญหาพร้อมระบุเหตุผลในชั้นเรียนโดยใช้หลักฐานในการอ้างอิงคำตอบของปัญหา

Kampourakis and Zogza (2008) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายว่า “การสร้างคำอธิบาย หมายถึง การโต้แย้งนิรนัยที่ถูกต้องที่มีข้อสรุปเป็นเหตุการณ์ที่จะอธิบาย บางส่วนของการโต้แย้งนี้อาจจะเป็นข้อเท็จจริงของสถานการณ์มาก่อนและได้รับการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอเป็นวิธีการเชื่อมโยงสถานการณ์เพื่อผลสรุป โดยมีกระบวนการสร้างดังนี้

1. การระบุปัญหาที่มีความชัดเจนสามารถบอกได้ว่าอะไรใช่ หรือไม่ใช่ และตรวจสอบได้

2. กระตุ้นให้ตั้งสมมติฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาที่ระบุ และให้เหตุผลในการคาดเดานั้นโดยครูจะคอยถามคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดได้ตรงจุดที่ต้องการ

3. ทำการตรวจสอบสมมติฐาน โดยการสืบค้นข้อเท็จจริงที่หลากหลายเพื่อระบุว่าสมมติฐานนั้นถูกต้องหรือไม่ หากสมมติฐานนั้นไม่ถูกต้องจึงให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบใหม่อีกครั้ง และหากสมมติฐานนั้นไม่เป็นจริงจึงทำการเปลี่ยนสมมติฐานใหม่เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

4. เมื่อนักเรียนได้คำอธิบายใหม่ที่สามารถอธิบายปัญหา นักเรียนสามารถใช้คำอธิบายใหม่ไปอธิบายปัญหาเดิมที่ได้รับการพัฒนาได้โดยการกระทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3

Sampson and Clark (2009: 448) ได้กล่าวถึงความหมายของการสร้างคำอธิบายไว้ ดังนี้

“การสร้างคำอธิบาย หมายถึง คำอธิบายหรือการรายงานที่ประกอบด้วย (1) การอธิบาย (explanation) คือการสร้างคำตอบเพื่อตอบคำถามโดยบอกความสัมพันธ์หรือสาเหตุของกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ (2) หลักฐาน (evidence) คือ สิ่งที่ได้จากการสังเกตอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ (3) เหตุผล (reasoning) คือ การแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่หลักฐานสนับสนุนคำอธิบายและเหตุผลของการใช้จำนวนหลักฐาน

โดยสรุปความหมายของคำอธิบาย คือ การตอบคำถามซึ่งเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยใช้หลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์

โดยสรุปความหมายของการสร้างคำอธิบาย หมายถึง การเขียนรายงาน การสร้างคำบรรยาย ที่ต้องใช้ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล โดยผ่านกระบวนการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

1.2 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาและกำหนดกรอบขององค์ประกอบของคำอธิบายไว้ดังต่อไปนี้

Kuhn and Reiser (2004: 7-8) Berland and Reiser (2009: 33-34) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายตรงกันว่า ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถามที่อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่นักเรียนได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นแสดงถึงการสนับสนุนคำอธิบาย

McNeill et al. (2006: 158) ได้กำหนดกรอบขององค์ประกอบของคำอธิบาย ออกเป็น 3 ส่วนโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การกล่าวอ้างอิง (Claim) เป็นการยืนยันหรือเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามดั้งเดิม
2. การใช้หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้างข้อมูลเหล่านี้ต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนการกล่าวอ้างอิงข้อมูลอาจมาจากการสืบสอบ หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นเช่น การสังเกต ข้อเท็จจริงจากการอ่าน หรือ เอกสารสำคัญ
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของการกล่าวอ้างกับหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้อย่างไร

Sampson and Clark (2009: 456-457) ได้พัฒนากรอบแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นการอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบได้แก่

1. คำอธิบาย (Explanation) คือ ส่วนที่นักเรียนตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบ อธิบายถึงความสัมพันธ์หรือกล่าวถึงสาเหตุของกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ส่วนที่นักเรียนรวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบอาจจะเป้นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

3. การใช้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลที่ใช้ประกอบหรือสนับสนุนคำอธิบาย

โดยสรุปองค์ประกอบของคำอธิบายมีองค์ประกอบ 3 ประการดังนี้ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง คือ คำตอบของคำถามในปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล คือ ส่วนที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

1.3 พฤติกรรมบ่งชี้การสร้างคำอธิบาย

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้มีการกำหนดกรอบของพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการสร้างคำอธิบายของนักเรียนไว้ต่างกัน ดังต่อไปนี้

Eugenia (2004: 17) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. สร้างความกระจ่างให้กับสถานการณ์และเสนอคำอธิบายจากการปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้การเหตุผลที่หลากหลาย ในเชิง อุปมาอุปไมย เปรียบเทียบ นิรนัยและอุปนัย
2. ลงความเห็นในการนำคำอธิบายไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
3. ทำนายอย่างมีเหตุผลโดยใช้พื้นฐานจากคำอธิบาย
4. ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น
5. จำแนกประเภท ประเมินและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายโดยตรวจสอบความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่นๆ และพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐาน

Kemerling (2002: online) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบาย โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ระบุสภาพปัญหา ที่มีความสำคัญต่อปรากฏการณ์ที่จะตรวจสอบ และมีความชัดเจน
2. ตั้งสมมติฐานเบื้องต้น เพื่ออธิบายของปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผลซึ่งมีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้
3. เก็บรวบรวมข้อมูล การทดลอง สังเกต และตรวจสอบข้อเท็จจริงที่หลากหลาย

4. กำหนดสมมติฐาน ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมสร้างคำอธิบาย เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ตรวจสอบอย่างมีขั้นตอนและอยู่ในขอบเขตของปัญหา

5. อนุมานผลกระทบ พิจารณาผลกระทบของการระบุสมมติฐานที่มีการอธิบายในวงกว้างและตรวจสอบว่าการระบุสมมติฐานนั้นถูกต้องหรือไม่

6. ทดสอบผลที่ได้ ตรวจสอบข้อเท็จจริงว่าผลลัพธ์เป็นไปตามที่คาดหรือไม่ หากไม่เกิดขึ้นตามที่คาดให้กำหนดสมมติฐานใหม่อีกครั้ง

7. ประยุกต์สมมติฐาน ประยุกต์คำอธิบายใหม่ของปัญหาเดิมเพื่อพัฒนาคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพ

McNeill et al. (2006: 153) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบาย โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ยืนยันข้อมูลถูกต้อง โดยระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถาม มีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุน

2. ระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง มีการวางแผนค้นคว้าและสามารถจัดกระทำข้อมูล

3. ให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

โดยสรุป พฤติกรรมบ่งชี้การสร้างคำอธิบาย หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน วางแผนรวบรวมข้อมูล สื่อสาร เชื่อมเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายหรือข้อสรุปโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลและนำคำอธิบายไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

1.4 แนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการวัดจะวัดทั้งความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008: 109) โดยการมอบหมายภาระงานให้แก่นักเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงตลอดจนสามารถสร้างชิ้นงานได้ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจและการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 102)

McNeill and Krajcik (2008: 109-110) ได้อธิบายว่า การสร้างคำอธิบายเป็นความสามารถซึ่งเป็นการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงโดยจะต้องประเมินความเข้าใจในเนื้อหาและประเมินจากการลงมือปฏิบัติจริงสอดคล้องกับ Nitko and Brookhart (2007: 244-245) ที่กล่าวว่า การประเมินการลงมือปฏิบัติจริงของนักเรียน จะต้องมีการประเมินภาระงานที่มอบหมายและเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่ง (1) ภาระงานที่มอบหมายให้นักเรียนอาจจะเป็นผลงาน ชิ้นงานหรือการประเมินกระบวนการระหว่างที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ (2) เกณฑ์การประเมินหรือเกณฑ์การให้คะแนน คือเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียนซึ่งลักษณะของเกณฑ์จะเป็นแบบการประเมินมาตรประมาณค่าหรือแบบตรวจสอบรายการ

จากแนวทางการวัดและการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย จะมีการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน 2 ส่วน คือ (1) กระบวนการสร้างคำอธิบาย (2) คำอธิบาย จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทั้งสองลักษณะพบว่ามีแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ดังนี้

(1) **การวัดและการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย** เป็นการประเมินการเรียนรู้ โดยประเมินจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกซึ่งสอดคล้องกับการประเมินการเรียนรู้ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008: 109-110) และสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 12) ที่ระบุพฤติกรรมที่แสดงออกคือ กำหนดปัญหา การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้และประเมิน

โดยสรุปการประเมินการสร้างคำอธิบายทางสามารถประเมินได้ดังนี้

1. ประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนรายบุคคล จากการสังเกตแล้วประเมินนักเรียนตามรายการที่กำหนด

2. เกณฑ์การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเป็นช่วงคะแนนและกำหนดระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดีและควรปรับปรุง

(2) **การวัดและการประเมินคำอธิบาย** โดยใช้วิธีการทดสอบนักเรียน ด้วยแบบสอบความเรียง โดยกำหนดข้อคำถามแบบบูรณาการเกี่ยวกับเรื่องที่จะวัด ซึ่งนักเรียนต้องใช้

ความรู้ที่เรียนมาแล้วตอบข้อคำถาม (McNeill and Krajcik 2008; Sampson and Clark, 2009) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบสอบและเกณฑ์การให้คะแนน มีรายละเอียดดังนี้

2.1) **แบบสอบ** ประกอบด้วย (1) สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย (2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด อาจอยู่ในรูปภาพ ภาพการทดลอง เพื่อให้นักเรียนใช้ในการอ้างอิงประกอบการสร้างคำอธิบาย (3) คำสั่งหรือคำถามโดยระบุให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในเรื่องใดหรือเกี่ยวกับเรื่องอะไร การกำหนดจำนวนข้อสอบและเวลาในการทำแบบสอบมีรายละเอียดดังนี้

Sampson and Clark (2009: 461) สร้างแบบสอบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 ข้อ ในเรื่องที่วัด คือ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน สมดุลความร้อนและการนำความร้อน มีภาพการทดลองประกอบและกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 40 นาที

McNeill and Krajcik (2006: 156) สร้างแบบสอบวัดการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในเรื่องสารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมีและการอนุรักษ์มวล จำนวน 3 ข้อ โดยมีตารางข้อมูลและภาพการทดลองเป็นข้อมูลประกอบการสร้างคำอธิบาย

2.2) **เกณฑ์การให้คะแนน** จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินคำอธิบาย พบว่ามีเกณฑ์การให้คะแนน แบบรูบริกส์ (McNeill and Krajcik, 2008A: 59) ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินให้คะแนนที่ประกอบด้วยเกณฑ์ด้านต่างๆเพื่อใช้ประเมินค่าผลการปฏิบัติของผู้เรียนในภาระงานหรือชิ้นงาน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 73) ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แสดงดังตารางที่ 4

McNeill and Krajcik (2007: 53) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายแบบแยกประเด็น โดยเรียกเกณฑ์การประเมินนี้ว่า “Specific Explanation Rubric for Test” โดยแยกตามองค์ประกอบของคำอธิบายได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบาย (ปรับจาก McNeill and Krajcik, 2007: 53)

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ คำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน กระชับและชัดเจน	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่กระชับหรือไม่ชัดเจนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	เขียนข้อความหรือประโยคแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและชัดเจน	เขียนข้อความหรือประโยคแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับข้อข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่เขียนข้อความหรือเขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน

2. มโนทัศน์และการวัดมโนทัศน์

การศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ มีประเด็นที่จะนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ความหมายและประเภทของมโนทัศน์ (2) มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน (3) แนวทางการวัดมโนทัศน์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์

นักวิจัย นักการศึกษาตลอดจนนักวิชาการได้ให้ความหมายคำว่า มโนทัศน์ (concept) เป็นคำมาจากรากศัพท์ภาษาละตินว่า Conceptus หรือ Concipere (Conceive) ซึ่งคำในภาษาไทยมีชื่อเรียกต่าง ๆกันออกไป เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ หรือ มโนมติ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ขอใช้คำว่า “ มโนทัศน์” และ จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ ผู้วิจัยขอนำเสนอประเด็น 2 ประเด็น คือ (1) ความหมายของมโนทัศน์ (2) ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.1.1 ความหมายของมโนทัศน์

ได้มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

McDcdonald (1960: 134) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์ คือ การจำแนกหรือจัดระบบของสิ่งเร้า หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะร่วมกัน”

Good (1973: 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. ความคิดสำคัญที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท

2. แนวคิดทั่วไปหรือนำเสนอเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ

3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

Klausmeier (1985:246) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เราเข้าใจถึงคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการ ทำให้เราแยกสิ่งต่าง ๆ ออกจากกันได้ในขณะเดียวกันก็สามารถเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งที่เป็นประเภทเดียวกันได้”

Jacobsen et al. (1985: 36) Feldmad (1990: 259) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิดที่กล่าวถึงการจัดกลุ่มหรือการจำแนกประเภทของสิ่งที่มีลักษณะ

ที่มีสมบัติคล้ายคลึงกัน เช่น วัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจในสิ่งต่างๆได้ง่ายขึ้น”

Woolfolk (1995: 286) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือกลุ่มประเภทของเหตุการณ์ ความคิด วัตถุ หรือบุคคลโดยใช้ลักษณะคล้ายคลึง”

Line (2000: 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ การสร้างกลุ่มของความรู้ ซึ่งเกิดจากรวบรวมและการแยกแยะข้อมูลของมนุษย์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525: 50) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งใด คือแนวคิดหลัก (main idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 40-41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์ คือความเข้าใจในความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น”

โดยสรุปจากความหมายของมโนทัศน์ข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายและความคิดสำคัญของสิ่งต่างๆ

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Sund and Trowbridge (1973: 17-18) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้

ประสาทสัมผัสศึกษา สังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (concrete objects) หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ”

Carin (1989: 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

Jacobson และ Bergman (1991: 120) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่สำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆและเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจไปยังประสบการณ์ที่มีอยู่”

โดยสรุปจากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจกับประสบการณ์ที่มีอยู่ ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

2.1.2 ประเภทของมโนทัศน์

การศึกษาเกี่ยวกับประเภทของมโนทัศน์มีประเด็นที่นำเสนอ (1) ประเภทของมโนทัศน์ (2) ประเภทของมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

Romey (1968:115-117) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากข้อสรุปที่ได้มาจากประสบการณ์โดยตรงกับธรรมชาติ แล้วนำประสบการณ์มาจัดประเภทเพื่อใช้ในการบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่มีร่างกาย 3 ส่วน และมีขา 6 ขา

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlation concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการนำเอาคุณลักษณะต่างๆมาสร้างความสัมพันธ์ร่วมกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่อาศัยการสรุปจากแนวคิดที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นถึงการอธิบายปรากฏการณ์ในรูปทฤษฎี ข้อความหรือสัญลักษณ์ เช่น อะตอม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส

Gagne (1970; cited in Nitko (2007: 209) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัสคล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นๆ บางครั้ง จึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concept)

Sund and Trowbridge (1973: 17-18) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) ตัวแทนความคิดที่แสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมเช่น เซลล์แม่เหล็ก คอลลอยด์ เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต (dynamic process concepts) เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

Gibson (1980: 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) คือ ความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concepts) คือ ความคิดที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้โดยตรง

Jacobsen et al. (1985: 36-38) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ลำดับสูง (superordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับสูงสุด มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกัน โดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ จากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุดได้

2. มโนทัศน์ร่วม (coordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน แม้ว่าจะจัดอยู่คนละกลุ่ม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกันอยู่

3. มโนทัศน์ลำดับรอง (subordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับรองลงมา

Lawson et al (2000: 996-1018) ได้แบ่งมโนทัศน์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่รับรู้ได้จากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เสนอ

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์โดยตรง หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (intermediate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ ซึ่งการรับรู้มีข้อจำกัดที่ระยะเวลาและสถานการณ์

Smith and Ragan (2005: 80) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากลักษณะทางกายภาพของสิ่งนั้นด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นทางการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัสหรือการได้กลิ่น

2. มโนทัศน์เชิงนิยาม (defined concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากสิ่งที่ตรงกับคำนิยามหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งที่มีคนรู้มาก่อน เช่น คำว่า ประชาธิปไตย อนาธิปไตย กรด เบส (นักเคมีให้คำนิยามเพื่อบอกระดับของค่า pH) เป็นต้น

Andrew (2006: 2) ได้ให้กล่าวถึงการจัดประเภทของมโนทัศน์ ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (basic concept) ว่าเป็นความเข้าใจเริ่มต้นหรือเป็นความเข้าใจแรกเริ่มของนักเรียนที่ได้ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว และเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ต่อไป

2. มโนทัศน์หลัก (concept) ความเข้าใจต่อเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นในระดับต่อไป

The Ontario (2007: 7) ได้แบ่งประเภทมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Fundamental concept) ว่า ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความคิดที่สำคัญที่ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจนี้มาก่อนที่จะเรียนในขั้นต่อไป

2. มโนทัศน์หลัก (Big idea) ว่า ความเข้าใจเชิงลึกของความคิดสำคัญที่นักเรียนจะต้องเข้าใจเมื่อได้ศึกษาเรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานมาก่อนแล้ว เช่น มโนทัศน์เรื่องงาน มีแนวคิดพื้นฐาน คือ แรงและการกระจัด ความคิดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนี้คือ ความหมายของแรงและการกระจัด ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

Kathy and Jordan (2007: 15) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (key concept) คือ ความคิดสำคัญที่เป็นความรู้พื้นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มโนทัศน์อื่นๆ ที่ซับซ้อนขึ้น

2. มโนทัศน์หลัก (main concept) คือ แนวคิดสำคัญที่กล่าวถึงมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนผ่านการเรียนรู้มาแล้ว ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเรื่องที่จะเรียนรู้หรือหัวข้อที่จะเรียนรู้

The Ontario (2010: 3) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Fundamental concept) คือ ความคิดที่สำคัญที่ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่จะเรียนรู้ ก่อนที่จะเรียนรู้เรื่องต่อไป

2. มโนทัศน์หลัก (Big idea) คือ ความคิดหลัก (main idea) ที่จะศึกษาโดยอาศัยความรู้ย่อยๆที่ได้ผ่านการเรียนมาแล้ว ซึ่งจะช่วยให้เข้าเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

Academic content standard Grades 12 (2010: 83) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (basic concept) เป็นความเข้าใจของมนุษย์เกี่ยวกับเรื่องที่ได้เรียนรู้มาก่อนที่จะทำการสืบสอบ

2. มโนทัศน์หลัก (concept หรือ idea) คือ มโนทัศน์หรือความคิดที่เป็นความเข้าใจเชิงลึกที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆที่เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

โดยสรุปได้ว่า ประเภทของมโนทัศน์ ออกเป็น 2 ประเภทและเลือกใช้คำแทนแต่ละประเภท ดังต่อไปนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Fundamental concept) หมายถึง แนวคิดสำคัญหรือความเข้าใจแรกเริ่มของนักเรียนที่ได้ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว และเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ต่อไป ช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มโนทัศน์อื่นๆ ที่ซับซ้อนขึ้น

2. มโนทัศน์หลัก (main concept) หมายถึง ความเข้าใจเชิงลึกหรือแนวคิดสำคัญที่กล่าวถึงมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนผ่านการเรียนรู้มาแล้ว

2.2 มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 112) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 5 พลังงาน คือ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และได้กำหนดผลการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงานในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนี้

1. อธิบายความแตกต่างระหว่างงานในชีวิตประจำวันและงานทางฟิสิกส์
2. คำนวณหางานที่กระทำจากผลคูณระหว่างขนาดของแรงในแนวที่วัตถุเคลื่อนที่กับการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ และเชื่อมโยงไปสู่กำลัง
3. ทดลองและอธิบายสรุปความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ แรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
4. คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ระดับต่างๆ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงและการนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์
5. อธิบายความสำคัญและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัด
6. อธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากหลักการของงานและพลังงาน

จากการจากการศึกษาเนื้อหาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน จากงานวิจัย หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์และหนังสือวารสารต่างประเทศ และจากการวิเคราะห์มาตรฐานและผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน สามารถจำแนกสาระการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับประเภทของมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์พื้นฐานได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 มโนทัศน์จำแนกตามสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์	
	ความหมาย	ความคิดสำคัญ
งาน	ผลของแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุมีการกระจัดในแนวเดียวกับแรงที่มากระทำ	งาน 1 จูล คือ งานที่ได้จากการออกแรง 1 นิวตัน ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1 เมตร
พลังงาน	ความสามารถในการทำงาน	งานเกิดจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุเท่ากับพลังงานของวัตถุที่เปลี่ยนไป
พลังงานจลน์	พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุเนื่องมาจากวัตถุกำลังเคลื่อนที่	พลังงานจลน์ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและมวลของวัตถุ - ถ้าวัตถุมีมวลมากหรือความเร็วสูง พลังงานจลน์กจะมีค่ามาก - ถ้าวัตถุมีมวลน้อย หรือมีความเร็วต่ำ พลังงานจลน์ก็จะมีค่าน้อย - ถ้าวัตถุไม่ได้เคลื่อนที่หรืออยู่นิ่งๆ ไม่มีอัตราเร็วพลังงานจลน์จะเป็นศูนย์
พลังงานศักย์,	พลังงานที่อยู่ในวัตถุเนื่อง จากตำแหน่งของวัตถุเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงเป็นผลจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ	พลังงานศักย์ เป็นพลังงานที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง, ระยะความสูงจากระดับอ้างอิงและมวลของวัตถุ พลังงานศักย์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

ตารางที่ 2 มโนทัศน์จำแนกตามสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์	
	ความหมาย	ความคิดสำคัญ
พลังงานศักย์โน้มถ่วง	พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุจากระยะความสูงจากตำแหน่งอ้างอิง	- ถ้าวัตถุมีมวลมากหรือ อยู่ที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก - ถ้าวัตถุมีมวลน้อยหรือ อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำ พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่าน้อย - ถ้าวัตถุที่อยู่ ณ ตำแหน่งระดับอ้างอิงพอดี จะถือว่ามีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์ ถ้าอยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นบวก แต่ถ้าอยู่ในต่ำกว่าระดับอ้างอิง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะติดลบ
พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	พลังงานที่สะสมอยู่ภายในตัวสปริงหรือวัตถุที่ยืดหยุ่นขณะที่ยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล	พลังงานศักย์ยืดหยุ่นสปริงมีค่าขึ้นอยู่กับค่าคงตัวสปริงและระยะที่สปริงยืดออกหรือหดเข้า - สปริงไม่มีการยืดออกหรือหดเข้าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นสปริงจะมีค่าเป็นศูนย์
พลังงานกล	ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของวัตถุ มีค่าคงที่ทุกขณะ	พลังงานกล มี 2 รูปแบบ คือ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์

ตารางที่ 2 มโนทัศน์จำแนกตามสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์	
	ความหมาย	ความคิดสำคัญ
กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	กฎการอนุรักษ์พลังงานกล หมายถึง การเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ พลังงานกลรวมของวัตถุ มีค่าคงตัวเสมอ	1. เมื่อไม่มีแรงภายนอกหรือแรงเสียดทานมากระทำพลังงานรวมที่จุดหนึ่ง = พลังงานรวมที่อีกจุดหนึ่ง 2. เมื่อมีแรงภายนอกหรือแรงเสียดทานมากระทำ งานภายนอกที่ทำ = พลังงาน$_{\text{ทั้งหมด}}$ ณ ตำแหน่งสุดท้าย - พลังงาน$_{\text{ทั้งหมด}}$ ณ ตำแหน่งเริ่มต้น
กำลัง	อัตราการทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา	กำลังขณะหนึ่ง คือ การพิจารณางานที่ทำได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ จะได้กำลังขณะใด มีค่าเท่ากับกำลังเฉลี่ย
เครื่องกล	อุปกรณ์ที่ช่วยให้ทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้นเพื่อช่วยผ่อนแรง	

โดยสรุปจากการศึกษามโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานได้ว่า “มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจที่มีต่อมโนทัศน์หลัก คือความหมายและความคิดหลักของหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งเกิดจากการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน”

2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์

การสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำเป็นต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Berland and Reiser (2009: 27) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือการที่นักเรียนรู้ในข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการวัดความรู้ความเข้าในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะไม่เน้นความรู้ความจำในเนื้อหา ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการวัดการรู้วิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2554: 61)

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิชาการและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Jacobsen et al. (1985: 280) ได้เสนอแนวทางพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

3. ให้นักเรียนเลือกวงกลมหรือขีดเส้นใต้สิ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

4. ให้นำคำศัพท์เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ เช่น ให้นำคำว่า rock ซึ่งเป็นคำนามมาแต่งเป็นประโยค โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

Odum and Kelly (2001: 616-635) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2.สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier multiple choice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

Jenkins and Deno (1971 cited in Nitko, 2004: 205) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ 4 วิธี คือ

1. การกำหนดให้นักเรียนเขียนนิยาม (definition) ของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

2. การกำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3. การกำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างมโนทัศน์โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

4. กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนทัศน์ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสรุปได้ ดังต่อไปนี้

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยชนิดตอบสั้นและตอบยาว

2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย

2.1 แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format) โดยข้อสอบแต่ละข้อกำหนดสถานการณ์หรือ กราฟ หรือ แผนภาพ ที่ไปสู่ข้อคำถามที่สะท้อนความเข้าใจของนักเรียน

2.2. แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format)

1) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก (alternative reason) ในตอนที่หนึ่ง

2) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

3. ใช้แบบประเมินผลงาน เช่น ผังมโนทัศน์ แผนผังรูปวี การเขียน หนังสือสามมิติ

3. รูปแบบสร้างความรู้พื้นฐาน

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยนำเสนอในประเด็นดังต่อไปนี้ (1) ความเป็นมาและรูปแบบการการสร้างความรู้

พื้นฐาน (2) ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (3) ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (4) บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน และ (5) ข้อดี ข้อจำกัดของรูปแบบการแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

3.1 ความเป็นมาและรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ซึ่งเป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีฐานมาจากกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์อยู่บนรากฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ พัฒนาโดย Ebenezer (1999: 97) Wayne State University ประเทศสหรัฐอเมริกา มีฐานมาจากกระบวนการสืบสอบ ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีความตื่นตัวทางการศึกษา จึงต้องมีการปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิดและแก้ปัญหา จึงทำให้เกิดการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานขึ้นซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องและเป็นพื้นฐานความคิดที่สำคัญคือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget's Cognitive Development Theory) และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์(Constructivism) โดยคณะกรรมการสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Research Council.,2000) อธิบายความหมายของการสืบสอบกล่าวโดยสรุปว่า เป็นวิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาสิ่งต่างๆและหาวิธีอธิบายโดยใช้หลักฐาน จากการลงมือปฏิบัติหรือทดลองและการสืบสอบยังอาจหมายถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนที่เรียนแบบสืบสอบจะสร้างความรู้ของตนเองจากการลงมือปฏิบัติ โดยการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ วางแผน การค้นหาคำตอบ ใช้เครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสมในการรวบรวมข้อมูล สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ประเมินข้อสรุปจากทางเลือกต่าง ๆ และสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุป

ตารางที่ 3 ลักษณะสำคัญ 5 ประการของการเรียนการสอนแบบสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996)

คุณลักษณะสำคัญ	ปริมาณที่ผู้เรียนชี้นำการเรียนรู้ด้วยตนเอง มากกว่า ---------- น้อยกว่า ปริมาณที่ผู้สอนหรือสื่อชี้นำการเรียนรู้ น้อยกว่า ---------- มากกว่า			
1. ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนตั้งคำถามเอง	ผู้เรียนเลือกคำถามที่มีอยู่และตั้งคำถามใหม่	ผู้เรียนปรับแก้คำถามจากคำถามที่มีอยู่แล้ว	ผู้เรียนสนใจในคำถามที่มีอยู่แล้ว
2.ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน	ผู้เรียนวิเคราะห์ว่าหลักฐานต้องประกอบด้วยอะไรบ้างและเก็บรวบรวมหลักฐาน	ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูลตามคำชี้แนะ	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามคำชี้แนะ
3.ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนสรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนสรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานตามคำชี้แนะ	ผู้เรียนได้รับคำชี้แนะแนวทางที่เป็นไปได้ในการเพื่อสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับวิธีการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4.ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนหาแหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเชื่อมโยงกับคำอธิบายด้วยตนเอง	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะสาขาวิชาและแหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงกับคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับทางเลือกในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับวิธีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายตาม คำชี้แนะ

ตารางที่ 3 ลักษณะสำคัญ 5 ประการของการเรียนการสอนแบบสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996) (ต่อ)

คุณลักษณะสำคัญ	ปริมาณที่ผู้เรียนชี้นำการเรียนรู้ด้วยตนเอง มากกว่า ---------- น้อยกว่า ปริมาณที่ผู้สอนหรือสื่อชี้นำการเรียนรู้ น้อยกว่า ---------- มากกว่า			
5. ผู้เรียนสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	ผู้เรียนให้เหตุผลและข้อโต้แย้งประกอบคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	ผู้เรียนได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับ คำชี้แนะแนวทางกว้างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับวิธีการที่ใช้ในการสื่อสารและขั้นตอนการสื่อสาร

จากการเรียนรู้แบบสืบสอบทำให้เกิดการสร้างความรู้ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการกระตุ้นให้ตั้งคำถาม สร้างคำอธิบายและสื่อสารความหมาย (National Research Council, 1996: 2) ซึ่งการสืบสอบมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้และคำอธิบายที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงเน้นการสืบสอบและการสร้างคำอธิบาย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจเนื้อหา ทักษะทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งและเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Morton, 1981: 80) Ebenezer (1999: 97) ได้พัฒนารูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน โดยพัฒนามาจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle Model)ของ Bybeeและคณะ ซึ่งมีฐานมาจากการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยใช้ในการจัดการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยา(Biological Sciences Curriculum Study: BSCS)ของประเทศสหรัฐอเมริกา รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E นี้อาจจะเรียกอีกอย่างว่า “BSCS 5E Instructional Model”

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยศึกษาจากงานวิจัยของ Bybee (2004: 8; 2006: online) และ Ansberry and Morgan (2007: 29-30) สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นที่สร้างความสนใจ กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น เกิดความสงสัย สนใจใคร่รู้ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบปัญหา ตั้งสมมติฐาน เพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการค้นคว้า การทดลอง การลงมือปฏิบัติ นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการวิเคราะห์ จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลที่ได้จาการสำรวจตรวจสอบเพื่อสรุปผลครูมีหน้าที่เชื่อมโยงประสบการณ์เรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรืออาจจะเรียกขั้นตอนนี้ว่า “ขั้นพัฒนามโนทัศน์ (Concept Development Stage)” (Llewellyn 2002, 48)

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นตอนที่นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปอธิบายหรือใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม จึงเป็นขั้นที่นักเรียนได้นำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลุ่มลึกยิงขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นขั้นตอนที่การประเมินการเรียนรู้และความสามารถของนักเรียน โดยครูสามารถใช้การประเมินทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ

ในปี 1999 Ebenezer ได้พัฒนารูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นรูปแบบที่เน้นการสร้างความรู้เพื่ออธิบายสิ่งต่างๆ ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจของนักเรียน โดยเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถสร้างความหมายและคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆทางธรรมชาติ กล่าวคือ การที่ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ แล้วมีการสืบค้นข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูล ออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหา และดำเนินการทดลองด้วยตนเอง รวมถึงสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจและนำไปสู่การสร้างคำอธิบาย,มโนทัศน์และ ความรู้ที่เป็นหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้กับเหตุการณ์ที่ซับซ้อนหรือในชีวิตประจำวันและสังคม (Ebenezer,1999: 97)

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเป็นรูปแบบการสอนแบบสืบสอบอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องที่สาคัญคือ (1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget's Cognitive Development Theory) (2) ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) และ (3) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Vygotsky's Social constructvist) แต่ละทฤษฎีกล่าวโดยสรุปดังนี้

1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

Jean Piaget ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการของพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่น โดยอธิบายว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์มีลักษณะเดียวกันในช่วงอายุเท่ากันและแตกต่างกันในช่วงอายุต่างกัน และพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นผลมาจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับกับสิ่งแวดล้อมโดยเชื่อว่า ทุกคนมีลักษณะพื้นฐานที่มีมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ คือ การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization) และการปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation)(Woolfolk,1995 : 30-31)

1. จัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization) เป็นกระบวนการจัดและรวบรวมความรู้และกระบวนการต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด (schema) อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอันเนื่องมาจากการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งโครงสร้างทางความคิดเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบและเก็บรวบรวมประสบการณ์และความรู้ กระบวนการในอดีต

2. กระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation*)* เป็นกระบวนการที่ปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ๆที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล ประกอบด้วย 2 กระบวนการ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541:49) คือ

1) กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดจากผู้เรียนพบหรือ มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม พยายามโดยเชื่อมโยงกับความรู้หรือโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ (existing schema) เมื่อความรู้เดิมไม่สามารถนำมาอธิบายได้จะทำให้เกิด ความขัดแย้งในความคิด (conceptual conflict) และเกิดความสงสัยขึ้น

2) กระบวนการปรับโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ หรือปรับความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งทำให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) หากไม่สามารถปรับความสัมพันธ์นั้นได้ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น แต่ละขั้นมีช่วงคาบเกี่ยวกันและสัมพันธ์กับช่วงอายุ (Piaget, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา เขมมณี, 2551:64-65) โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-Motor Period) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุแรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่นการมอง การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว เป็นต้น การส่งเสริมให้เด็ก มีโอกาสที่เผชิญกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองถือว่าเป็นสิ่งจำ เป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิดในขั้นนี้ กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Period)_ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออก เป็นขั้นย่อยอีก 2 ขั้น คือ

2.1.ขั้นก่อนเกิดมโนทัศน์ (Preconceptual Intellectual Period) เป็นขั้นของพัฒนาการของเด็กในช่วงอายุ 2 - 4 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้นสามารถโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน แต่เด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลางถือความคิดตนเองเป็นใหญ่และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริง นอกจากนี้ความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น ความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่สามารถพัฒนาได้เต็มที่

2.2.ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้นึกออกเองโดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive Thinking Period) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆรอบตัว รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจานวนเลข สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้า รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนาเหตุผลทั่วๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหา การคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

3. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operation Period) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7 – 11 ปีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งต่างๆที่เป็นรูปธรรมได้ มีความสามารถในการคิดย้อนกลับ ความสามารถในการเจรจา การจัดกลุ่มหรือจัดการ ความสามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Formal Operational Period) ขั้นนี้เริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสูงสุด เริ่มคิดแบบผู้ใหญ่สามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม

สรุปได้ว่า พัฒนาการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นเมื่อเด็กได้รับประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่ โดยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม แล้วเกิดการซึมซาบเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา หากประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่เข้ากันได้กับความรู้เดิมจะก่อให้เกิดสภาวะสมดุล แต่ถ้าไม่สามารถเข้ากันได้ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล เด็กก็จะปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้ง

2) **ทฤษฎีสรรคนิยม** (Constructivism)

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาโดยผู้เรียนจะต้องพยายามคิดอย่างไตร่ตรอง จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่ ซึ่งความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง

ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางปัญญา (Theory of Cognition) มีรากฐานมาจากปรัชญา สังคมวิทยา จิตวิทยาและการศึกษาโดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ จะเน้นการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนจากการมีประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติ โดยพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของผู้เรียนจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเกิดกระบวนการดูดซึม (assimilation) ประสบการณ์ใหม่ เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างที่มีอยู่เดิม หากประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม จะเกิดเป็นภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) หรือ เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ผู้เรียนจะพยายามหาค้นหาคาตอบโดยนำแนวคิดทฤษฎี จากประสบการณ์เดิมของตนมาสร้างคำทานายหรือตั้งสมมติฐานเพื่อหาทดลองหรือหา

คำตอบด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งเมื่อค้นพบคำตอบแล้ว จะทำให้ผู้เรียนจะเกิด การปรับโครงสร้างทางปัญญา(accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (equilibrium) แต่หากประสบการณ์ใหม่นั้นตรงกันกับประสบการณ์เดิม ข้อมูลนั้นก็จะถูกดูดซึม(assimilation) เข้าสู่ความเข้าใจใหม่แก่ผู้เรียน (Llewellyn,2002: 31 และทิศนา แขมมณี, 2548: 90-94)

3) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivist)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของไวก็อทสกี้ รากฐานมาจากปรัชญาสรรคนิยมที่เชื่อว่า เน้นที่ภาษาและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในการสร้างความรู้และเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน ไวกอสกี้ อธิบายว่า “มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมมาแต่เกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้ว ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมคือวัฒนธรรมที่สังคมสร้างขึ้น” ดังนั้นสถาบันทางสังคมมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนจึงพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และการช่วยให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้า จากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ หรือเรียกว่า “Zone of proximal development” อาศัยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วย ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้ จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมศักยภาพ (scaffolding) (ทิศนา แขมมณี, 2548: 90-94)

3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสอนแบบสืบสอบด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ซึ่งพัฒนาโดย Ebenezer (2009: 84) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนี้

5. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาด้วยการทำกิจกรรมดังนี้

5.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยเพื่อนำไปสู่การระบุประเด็นปัญหา

5.2 นักเรียนสังเกตและอธิบายสถานการณ์หรือกิจกรรมที่ครูยกตัวอย่างโดยใช้ความรู้เดิม

5.3 ครูจะรวบรวมความคิดของนักเรียนแต่ละคนโดยไม่ตัดสินว่าความคิดนั้นผิดหรือถูกและจัดกลุ่มข้อมูล แต่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างของความคิดเพื่อเป็นแนวทางของสมมติฐานและนำไปสู่การเรียนรู้ขั้นถัดไป

6. ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป (Constructing and Negotiating) ขั้นนี้เป็นขั้นการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุป ด้วยกิจกรรมดังนี้

6.1 นักเรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ออกแบบการบันทึกข้อมูล รวบรวมและแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

6.2 นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดลองมาเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำอธิบายของกลุ่ม

6.3 นักเรียนนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มผ่านการอภิปราย และนำผลจากการอภิปรายของกลุ่มอื่นมาคิดอย่างมีวิจารญาณ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆเป็นของตัวเอง

7. ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นด้วยกิจกรรมดังนี้

7.1 ครูนำเสนอสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ซับซ้อนหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

7.2 นักเรียนนำคำอธิบายหรือมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ที่ครูเสนอ

7.3 ครูทำหน้าที่ตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียน ถ้าหากว่ายังไม่ถูกต้อง ก็จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้นหรือมีความเข้าใจเชิงลึกและเชื่อมโยงกับบริบทอื่นๆได้

8. ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) เป็นขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียน โดยประเมินจากใบกิจกรรมการทดลอง แบบสอบและการประเมินการสร้างคำอธิบายของนักเรียนโดยทั้งครูและนักเรียนมีส่วนในการประเมินการเรียนรู้

จากขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ซึ่งมีพื้นฐานมาจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E หรืออาจรู้จักในอีกชื่อหนึ่งว่า “BSCS 5E Instructional Model” ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่สำคัญ สามารถเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และ รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

วงจรการเรียนรู้แบบ 5E	**รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน**
Engagement	Exploring, Categorizing,Constructing,
Exploration	Negotiating
Explanation	Constructing, Negotiating
Elaboration	Translating, Extending
Evaluation	Reflecting, Assessing

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E กับรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน พบว่า มีขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานจะปรากฏในขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ทุกขั้นตอน แต่จะมีข้อแตกต่างคือในรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานจะปรากฏขั้นตอนที่แสดงถึงการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างทำการเรียนการสอนที่ชัดเจนกว่า คือในขั้นจัดกลุ่มข้อมูล (Categorizing) และขั้นเจรจาหาข้อสรุป (Negotiating)

นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน มีความเหมือนและแตกต่างกับวิธีสอนแบบปกติที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันหรือเป็นการเรียนการสอนแบบปกติ โดยมีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันคือ รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน มีขั้นตอนที่แตกต่างจากการเรียนการสอนด้วยวิธีปกติ คือ 1) ขั้นที่ 1 การจัดกลุ่มข้อมูลเป็นขั้นที่มีการจัดกลุ่มความคิดของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน 2) ขั้นที่ 2 ขั้นการเจรจาหาข้อสรุปเป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบมาจัดกระทำ เพื่อสร้างคำอธิบายของกลุ่ม3) ขั้นที่ 3 ขั้นการแปลงความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ครูช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในการนำคำอธิบายและมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 4) ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อนความคิด เป็นขั้นที่ครูสะท้อนกลับความรู้ความเข้าใจในคำอธิบายและมโนทัศน์แก่นักเรียน จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีความแตกต่างจากวิธีสอนแบบปกติซึ่งเปรียบเทียบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติกับขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

ขั้นตอนตามรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน	ขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติ
1. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing)ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาด้วยการทำกิจกรรมดังนี้ 1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสถานการณ์ต่างๆ ให้นักเรียนเกิดความสงสัยเพื่อระบุปัญหา 1.2 นักเรียนสังเกตและอธิบายสถานการณ์หรือกิจกรรมที่ครูยกตัวอย่าง 1.3 ครูรวบรวมความคิดของนักเรียนและจัดกลุ่มความคิด ชี้ให้เห็นความแตกต่างเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ขั้นถัดไป	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นนี้เป็นการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสงสัยและสนใจที่จะเรียนรู้ โดยใช้สื่อการเรียนการสอน คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือปัญหาและต้องการที่จะหาคำตอบ
2. ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป(Constructing and Negotiating) ขั้นนี้เป็นขั้นสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุป ด้วยกิจกรรม ดังนี้ 2.1. นักเรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ออกแบบการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	2. ขั้นกิจกรรม ขั้นนี้เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยครูชี้ประเด็นเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นนำ ครูเป็นผู้นำการอภิปรายโดยการกำหนดปัญหา

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติกับขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (ต่อ)

ขั้นตอนตามรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน	ขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติ
2.2. นักเรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ออกแบบการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 2.3. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดลองมาเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุปมาสร้างเป็นคำอธิบายของกลุ่ม 2.4. นักเรียนนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มผ่านการอภิปราย สื่อความหมายข้อมูลกับบุคคลอื่น นำข้อมูลหรือคำอธิบายเหล่านั้นมาคิดอย่างมีวิจารญาณ แล้วสร้างเป็นมโนทัศน์และคำอธิบายเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ของตนเอง	2. ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ 2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการศึกษา ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อคาดคะเนคำตอบ จากนั้นครูแนะนำและทบทวนหน้าที่ของวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการศึกษาตลอดจนข้อควรระวังในการทดลอง 2.2 ขั้นปฏิบัติการศึกษา นักเรียนลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ รวบรวมความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆด้วยตนเอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง 2.3 ขั้นอภิปรายหลังการศึกษานักเรียนนำเสนอข้อมูลและผลการทดลอง 3. ขั้นสรุป 3.1 ครูนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้ความรู้ที่สำคัญของบทเรียน 3.2 ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบาย

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติกับขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (ต่อ)

ขั้นตอนตามรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน	ขั้นตอนของวิธีสอนแบบปกติ
3. ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating)ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นด้วยกิจกรรมดังนี้ 3.1. ครูนำเสนอสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ซับซ้อนหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน 3.2. นักเรียนนำคำอธิบายหรือมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ 3.3. ครูตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียน ถ้าหากว่ายังไม่ถูกต้องจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้นและมีความเข้าใจเชิงลึกและเชื่อมโยงกับบริบทอื่นๆ	
4. ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing)เป็นขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน และให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียนและประเมินจากใบกิจกรรมการทดลอง แบบสอบและการประเมินการสร้างคำอธิบายของนักเรียนโดยทั้งครูและนักเรียนมีส่วนในการประเมิน	

3.4 บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียน

การนำรูปแบบสร้างความรู้พื้นฐานไปใช้จัดการเรียนการสอนสามารถสรุปขั้นตอน บทบาทครูและบทบาทนักเรียน ได้ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring & Categorizing)	1.สร้างกิจกรรมหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 2. กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นอยากเรียนรู้ของผู้เรียนรวบรวมและจัดกลุ่มความคิดหรือข้อมูล 2. วางแผนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสืบสอบภายใต้หัวข้อที่กำหนดและท้าทายให้นักเรียนจจัดกลุ่มข้อมูลภายใต้ความเข้าใจของนักเรียน	1. ตั้งคำถามว่าตัวเองรู้อะไรบ้างสามารถอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นหรือสถานการณ์ได้อย่างไร 2. จำแนกข้อมูลที่สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมีหรือข้อมูลใดที่สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม
ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป (Constructing & Negotiating)	1. วางแผนเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ แลกเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รวบรวมมาและจำแนกข้อมูล 2. ช่วยนักเรียนระหว่างการสำรวจตรวจสอบและแนะนำแนวทางในการสร้างความรู้ที่ถูกต้อง	1. ใช้ความรู้ที่มีอยู่และสร้างความรู้ใหม่เพื่ออธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษา 2. ถามตัวเองว่าสามารถสื่อสารสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างไรและสามารถเปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับผู้อื่นได้อย่างไร

ตารางที่ 6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Translating & Extending)	1. ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือสร้างความเข้าใจเชิงลึก รวมถึงตัดสินว่าจะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดอื่นๆได้อย่างไร 2. ให้โอกาสนักเรียนในการแปลความหมายข้อมูลและขยายความรู้ภายใต้ความเข้าใจที่ถูกต้องและเชื่อมโยงกับความรู้สาขาอื่นๆ	1. ถามตัวเองว่าสางที่รู้มานั้นเป็นเหตุเป็นผลกันหรือไม่, ผู้เชี่ยวชาญจะเห็นด้วยหรือไม่ , จะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ได้อย่างไร , มีแนวทางอื่นในการทำความเข้าใจหรือไม่และสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในสาขาอื่นได้หรือไม่
ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting & Assessing)	1. ให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียน 2. ใช้การประเมินนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริง,ประเมินจากการปฏิบัติหรือประเมินจากแฟ้มสะสมงานหรือหนังสือสามมิติ	1. ถามตัวเองถึงความเป็นเหตุเป็นผลถึงสิ่งที่ตัวเองได้เรียนรู้และสามารถนำสิ่งที่ตัวเองได้เรียนรู้ไปใช้ได้อย่างไร

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์อยู่บนรากฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ พัฒนาโดย Ebenezer (1999: 97). Wayne State University ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 39 คน ในประเทศอินเดีย โดยสอนในเรื่องของระบบต่างๆในร่างกายในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสร้าง

ความรู้พื้นฐาน มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และสามารถสร้างคำอธิบายเรื่อง ระบบต่างๆในร่างกาย กว่ากลุ่มที่มีการจัดการเรียนสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งการทราบถึงข้อดีจะทำให้สามารถพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมและการทราบถึงข้อจำกัดจะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้นได้ Ebenezer (1999: 156) ได้กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานไว้ดังนี้

1) ข้อดี

1. เสริมสร้างให้นักเรียนมีโอกาสในการแสดงความคิดเห็น เจรจาต่อรอง สื่อความหมายข้อมูลและนักเรียนได้รับผลย้อนกลับจากครูและกลุ่มเพื่อนที่ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ จะเป็นการฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการอธิบายและการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

2. การให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองและทำการทดลองด้วยตนเองช่วยเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง

3. ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการวัด ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

4.การใช้คำถามและเทคนิค กลวิธีการสอนแบบต่างๆช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนและสร้างบรรยากาศที่ดีในชั้นเรียน

5. นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

2) ข้อจำกัด

1. ระดับความสามารถของนักเรียนและระดับ ZPD ของนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทำให้ครูผู้สอนต้องมีความชำนาญและต้องคอยช่วยเหลือนักเรียน

2. การจัดสถานการณ์และสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของครู ครูจึงต้องสร้างบริบทให้เหมาะสมกับสภาพบรรยากาศในแต่ละโรงเรียน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีผลต่อการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Zacharia (2005) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับการเรียนการสอนด้วยรูปแบบ POE ที่มีต่อลักษณะของคำอธิบายและความสามารถในการสร้างคำอธิบาย กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูฟิสิกส์จำนวน 13 คน ให้เรียนเนื้อหาฟิสิกส์ด้วยตนเองจำนวน 3 หัวข้อ คือ กลศาสตร์ คลื่น/แสง และอุณหพลศาสตร์ แบ่งการเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เรียนฟิสิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับรูปแบบ POE กลุ่มที่ 2 เรียนฟิสิกส์ด้วยการใช้หนังสือเรียนร่วมกับรูปแบบ POE ใช้ระยะเวลาทดลองทั้งหมด 16 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการพิจารณาจาก 2 ประเด็น (1) ลักษณะของคำอธิบายที่ครูสร้างขึ้นเป็นวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (2) คุณภาพของคำอธิบายที่ครูสร้างขึ้นพิจารณาจากความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์และระดับของการขยายขอบเขตคำอธิบาย ผลการวิจัยสรุปได้ว่า (1) กลุ่มที่ 1 สามารถสร้างคำอธิบายแบบทางการมากที่สุด ส่วนกลุ่มที่ 2 สร้างคำอธิบายแบบบรรยายมากที่สุด (2) คุณภาพของคำอธิบายทั้งความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์และระดับการขยายขอบเขตคำอธิบายปรากฏว่ากลุ่มที่ 2 มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

Calik (2006: 257) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์จากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง การสลายตัวของแก๊สในของเหลว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์มีความเข้าใจมโนทัศน์ สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในด้านความจำระยะยาว

Katherine L. McNeill, David J Lizotte, and Joseph Krajcik (2006). ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่อง(continuous written instructional support) กับการเสริมศักยภาพที่ค่อย ๆลดการบทแนะนำ (fading written instructional support (scaffolds)) ในหน่วยการเรียนรู้โครงงานการสร้างสสารใหม่จากสสารเก่า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ

มัธยมศึกษาตอนต้น (เกรด 7) กลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่องและกลุ่มทดลองคือนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยค่อย ๆลดการบทแนะนำ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองที่มีการเสริมศักยภาพที่ค่อย ๆลดบทแนะนำ สามารถสร้างคำอธิบายในส่วนการให้เหตุผลได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่อง

McNeill and Krajcik (2007) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์: ลักษณะพิเศษและการประเมินผลของปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนการเรียนรู้ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูเคมี 13 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1197 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบปฏิบัติการจัดการเรียนการสอน 4 ประเภท คือ 1) การสร้างแบบจำลองอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ 2) การสร้างข้อความ เหตุผล อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ 3) การให้คำจำกัดความการอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ และ 4) การเชื่อมโยงการอธิบายวิทยาศาสตร์สู่การอธิบายในชีวิตประจำวัน ผลการทดลองพบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูมีบทบาททำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงขึ้น

Schwarz and Gwekwerere (2007) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษา การใช้การสืบสอบแบบแนะนำและรูปแบบการเรียนการสอน EIMA เพื่อเสริมสร้างการสอนวิทยาศาสตร์ของครูฝึกสอนชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูฝึกสอนจำนวน 24 คน ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่สอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ครูฝึกสอนมีความเข้าใจการสอนแบบสืบสอบมากขึ้น และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน EIMA มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และสามารถในการสร้างคำอธิบาย สูงกว่ากลุ่มที่มีการจัดการเรียนสอนแบบอธิบาย

Ebenezer (2009) ไดทำการศึกษาผลกระทบของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานในวิชาชีววิทยาเรื่องการขับของเสียในชั้นเรียนของเด็กนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 35 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 33 คน โดยการใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสานในการหาผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา และมโนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลง โดยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99.9% ($p<0.001$) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อหาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ พบว่านักเรียนในกลุมทดลองสามารถเข้าใจบทเรียนเรื่องการขับของเสียออกจากร่างกาย รวมทั้ง

กระบวนการเกิดของเสียได้ดีกว่า โดยในสองขั้นตอนแรกของCKCM มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนในกระบวนการเรียน

4.2 งานวิจัยในประเทศ

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติและการปรับเปลี่ยนมโนมติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิส กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ สื่อการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิส แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ แบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิส ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ย 22.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.95

ชุติมา รอดสุด (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ของ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 94 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ 47 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าร้อยละ 70 โดยสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ0.05

น้ำค้าง จันเสริม (2551) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิส์ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบวัดมโนมติงานและพลังงาน แผนผังมโนมติและการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนมติเรื่องงานและพลังงานเฉลี่ยร้อยละ 78.33 โดยได้พัฒนามโนมติไปสู่มโนมติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เสาวลักษณ์ เหลืองดี (2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติและความพึงพอใจเรื่องแสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และ

แบบวัดความพึงพอใจ ผลการทดลองพบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องแสงและการเกิดภาพเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 82.81 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยที่ 4.19 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.09

สุพัตรา จันทรโฆษิต (2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ผลการทดลองพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาท การเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เท่ากับร้อยละ 71.53 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

9. **กรอบแนวคิดในการวิจัย**

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและผลของรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองและทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) ที่เน้นผู้เรียนทุกคนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน สามารถสรุปกรอบแนวคิดในการทำวิจัยได้ดังแผนภาพที่ 1

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism)

การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ที่มีอยู่เดิม ผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเองโดยจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) หรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (equilibrium)

ทฤษฎีการเรียนรู้Social Constructivism

การเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม ที่ให้การช่วยเหลือด้วยวิธีการต่างๆ ตามสภาพปัญหาที่เผชิญอยู่ในขณะนั้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยการให้การช่วยเหลือแนะนำ สนับสนุน ขณะที่ผู้เรียนกำลังแก้ปัญหาหรือกำลังอยู่ในระหว่างการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ทำให้ผู้เรียนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน และปรับการสร้างความรู้ความเข้าใจภายในตน (Internalization) ให้กลายเป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ภายในตนเอง ซึ่งจะส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้ก้าวไปสู่ขั้นหรือระดับพัฒนาการที่สูงขึ้น

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

1. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูทบทวนความรู้เดิมและยกตัวอย่างสถานการณ์หรือกิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อระบุปัญหา จากนั้นรวบรวมและจัดกลุ่มความคิดของนักเรียนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในขั้นต่อไป

2. ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป (Constructing and Negotiating) เป็นขั้นระบุสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบสมมติฐาน เจรจาหาข้อสรุปภายในกลุ่ม อภิปรายในชั้นเรียน เพื่อนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ของตนเอง

3. ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้ (Extending and Translating) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นที่มีความซับซ้อนหรือนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

4. ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) เป็นขั้นที่ปรากฏในทุกขั้นตอน โดยครูจะประเมินการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน มีการประเมินการทำงานกลุ่มของนักเรียน จากนั้นให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยประเมินจากใบกิจกรรมหรือใบงาน

ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย หมายถึง การที่นักเรียนสามารถเขียนข้อความอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ศึกษาโดยการระบุข้อกล่าวอ้าง, หลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ไปสู่เหตุผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับนิยามและความคิดสำคัญของเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดวิธีการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ two - group pretest-posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและกลุ่มเปรียบเทียบเป็นกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ โดยมีการเก็บข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 2

แผนภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ two - group pretest - posttest design

กลุ่มทดลอง	O_1	X	O_2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1	~X	O_2

O_1	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบายและแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน
X	หมายถึง	การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
~X	หมายถึง	การเรียนการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบปกติ
O_2	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบายและแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ในความดูแลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา ในความดูแลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1) การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง(purposive sampling) คือเลือกโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายนเป็นโรงเรียนประจำจังหวัดพังงา มีศักยภาพในการเปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ จึงได้รับคัดเลือกจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)ให้มีการเปิดสอนห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีการบริหารจัดการและมีแหล่งเรียนรู้ใกล้เคียงกับโรงเรียนที่เปิดสอนห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน มีจำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพียงพอสำหรับการเป็นกลุ่มตัวอย่าง มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้อำนวยการโรงเรียนและคณะครู อาจารย์ภายในโรงเรียนให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกดังต่อไปนี้

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง(Purposive Sampling) โดยเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้เป็นตัวแทนของเนื้อหาระดับมัธยมศึกษาปีที่

4 - 6 และผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นครูสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ จึงใช้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีจำนวน 2 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลางภาครายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปี ภาคเรียนที่ 1 การศึกษา 2554 ของนักเรียน โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลางภาครายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปี ภาคเรียนที่ 1 การศึกษา 2554 ของนักเรียน จำนวน 2 ห้องเรียน มาทดสอบความแตกต่างของคำแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที(t) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลางภาค วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	t
4/1	16.52	1.453	.83
4/2	16.12	2.307	

$p < 0.05$ two-tailed Independent t-test.

จากตารางที่ 7 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลางภาครายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 กับ 4/2 ไม่แตกต่างกัน

2.2 เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก ผลปรากฏว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 เป็นกลุ่มทดลองและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ประเภท ได้แก่
   1.1 แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ประกอบด้วย
      1.1.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย
      1.1.2 แบบวัดการสร้างคำอธิบาย
   1.2 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ มี 2 แบบ ได้แก่
   2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน
   2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ

รายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย (2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1 แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้วัด 2 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย (2) แบบวัดการสร้างคำอธิบายและแบบประเมินคำอธิบาย โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย คือ แบบประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยเครื่องมือที่ใช้ครั้งนี้ เรียกว่าแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย ใช้วิธีการประเมินจากพฤติกรรมและร่องรอยของพฤติกรรมระหว่างการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับแนวทางการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย โดย McNeill and Krajcik (2008: 110) ระบุว่า “การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการประเมินความเข้าใจและการปฏิบัติในการสืบสอบ โดยถือว่าเป็นหนึ่งมาตราฐานการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์” การวิจัยในครั้งนี้จึงประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายตามขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนแล้วสรุปว่า ขั้นตอนการเรียนการสอน 2 ขั้นตอนแรกของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบาย

(2) กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดและรายการประเมินให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายของพฤติกรรมที่ต้องการวัดจำแนกตามขั้นตอนการเรียนการสอน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
1. ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล (Exploring and Categorizing)ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหาด้วยการทำกิจกรรมดังนี้ 1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมและยกตัวอย่างสถานการณ์หรือกิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและนำไปสู่การระบุประเด็นปัญหา 1.2 นักเรียนสังเกตและอธิบายสถานการณ์หรือกิจกรรมที่ครูยกตัวอย่างโดยใช้ความรู้เดิม 1.3 ครูจะรวบรวมความคิดของนักเรียนแต่ละคนโดยไม่ตัดสินว่าความคิดนั้นผิดหรือถูกและจัดกลุ่มข้อมูลแต่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างของความคิดเพื่อเป็นแนวทางของสมมติฐานและนำไปสู่การเรียนรู้ขั้นถัดไป	อภิปรายและทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจคำถามหรือปัญหา	1. การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน

ตารางที่ 8 รายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายของพฤติกรรมที่ต้องการวัดจำแนกตามขั้นตอนการเรียนการสอน (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป ขั้นตอนนี้เป็นขั้นการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการเจรจาเพื่อหาข้อสรุป ด้วยกิจกรรมดังนี้ **2.5.** นักเรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ออกแบบการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	ออกแบบ วางแผนและดำเนิน การสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล	2. การวางแผนและออกแบบการทดลอง 3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 4. การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล
a. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดลองมาเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อสรุปมาสร้างเป็นคำอธิบายของกลุ่ม นักเรียนนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มผ่านการอภิปราย สื่อความหมายข้อมูลกับบุคคลอื่น นำข้อมูลหรือคำอธิบายเหล่านั้นมาคิดอย่างมีวิจารญาณ แล้วสร้างเป็นมโนทัศน์และคำอธิบายเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ของตนเอง_คือ การให้นักเรียนสร้างคำอธิบายซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อสรุป คือ ข้อสรุปของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อสรุป (3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจและให้เหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์	5. การระบุข้อสรุปจากข้อมูล 6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล

(3) ศึกษานิยามปฏิบัติการของรายการประเมินที่กำหนด เพื่อนำไปสู่การกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ครอบคลุมกับนิยามเชิงปฏิบัติการและสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการจากรายการประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้พื้นฐานของ Ebenezer (1999: 156) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการจำแนกตามรายการประเมิน

รายการประเมิน	**นิยามเชิงปฏิบิติการ**	**เกณฑ์การประเมิน**
1. การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา	มีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์ เดิมได้สอดคล้องกับคำถามการสำรวจตรวจสอบ กำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลอย่างชัดเจน
2. การวางแผนและออกแบบการทดลอง	กำหนดขั้นตอนการสำรวจก่อนดำเนินการทดลองจริง	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน และออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล
3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	ดำเนินการทดลอง สำรวจตรวจสอบและบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	มีการดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างครบถ้วน
4. การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล	มีการจัดกระทำข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและสื่อความหมายของข้อมูล	มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องชัดเจน และมีการแปลความหมายถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการจำแนกตามรายการประเมิน (ต่อ)

รายการประเมิน	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
5. การระบุข้อสรุปจากข้อมูล	สรุปข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ	มีการระบุข้อสรุปได้ถูกต้อง และมีความกระชับ
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	มีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์สอดคล้องกับหลักการ กฎและทฤษฎี	มีการเลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อสรุป รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ตรงตามหลักการ กฎ ทฤษฎีถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงกับข้อสรุป	มีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาถูกต้อง ครบถ้วน

(4) นำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ โดยเลือกเกณฑ์รูบริกส์แบบแยกประเด็น (Analytic Rubrics) 3 ระดับ เพราะเป็นการประเมินลักษณะหรือองค์ประกอบย่อยของความสามารถที่นักเรียนปฏิบัติ (Nitko and Brookhart, 2007: 269) และจากรายการประเมิน 7 รายการ และจากรายการประเมิน 7 รายการและระดับคะแนนที่กำหนด ทำให้คะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายอยู่ระหว่าง 7–21 คะแนน

(5) ดำเนินการสร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย จากนั้นนำแบบประเมินการสร้างคำอธิบายที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมินและภาษาที่ใช้รวมถึงความครอบคลุมของเกณฑ์การประเมินตามนิยายเชิงปฏิบัติการของรายการประเมิน แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมถึงข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้อง ชัดเจนของภาษาและความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ

0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมินทั้ง 7 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ควรปรับภาษาที่ใช้ในรายการที่ 1 การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน ในช่องระดับคะแนน 2 คะแนนโดยแก้ไขจาก “ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ กำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา” เปลี่ยนเป็น “ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ มีกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาเพียงบางส่วน”

3) การเขียนรายการประเมินควรอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของการระบุความรู้ว่าใช้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีใด และอย่างไร

(7) ดำเนินการปรุบปรุงวิธีการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ

(8) นำแบบประเมินที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองในระหว่างเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงาน เพื่อตรวจสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter- Rater Reliability) โดยนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนในโรงเรียน 1 ท่าน เป็นผู้ประเมิน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ผลการตรวจสอบสรุปว่า คะแนนที่ได้จากการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ประเมิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.75 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละรายการประเมินแสดงในภาคผนวก ง)

1.1.2 แบบวัดการสร้างคำอธิบาย

แบบวัดการสร้างคำอธิบาย คือ แบบวัดที่ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ในส่วนที่เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่ม

เปรียบเทียบโดยแบบวัดนี้มีชื่อว่า “แบบวัดการสร้างคำอธิบาย” มีลักษณะเป็นแบบวัดความเรียง (Essay test) และใช้สาระฟิสิกส์หน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงานในการทดสอบ มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์สาระที่ 5 พลังงาน จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาผลการเรียนรู้ของรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัส ว30101 จากหลักสูตรของโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบข่ายของสาระที่ใช้ในการออกข้อสอบให้สอดคล้องและครอบคลุมกับผลการเรียนรู้ของหลักสูตร รวมทั้งศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการสร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบาย

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบวัดโดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006: 158-159) ซึ่งออกแบบวัดตามกรอบเนื้อหาที่สอนโดยผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 3 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง สำหรับการคัดเลือกสาระที่ใช้ในการออกขอสอบนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากสาระที่เหมาะสมสำหรับการอธิบายและวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการวิจัย สรุปได้ตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สาระที่คัดเลือกจำแนกตามหัวเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	สาระที่คัดเลือก
หน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน	1. แรงและงาน 2. พลังงาน 3. พลังงานกล	การเกิดงานและพลังงานในทางฟิสิกส์
	4. กฎการอนุรักษ์พลังงานกล 5. กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	กฎการอนุรักษ์พลังงานและกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน
	8. แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน	แหล่งพลังงาน

(3) ดำเนินการสร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายซึ่งประกอบด้วย ข้อสอบ 3 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วย 1) สถานการณ์ 2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ และ3) ข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

(4) นำแบบวัดที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของสถานการณ์ รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถามแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบาย รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ข้อสอบทั้ง 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายมากกว่า 0.5 ทุกข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ด้านภาษาสิ่งที่ควรปรับปรุงคือ

2.1) การใช้คำถามควรมีความชัดเจนและครอบคลุมรายละเอียดในการประเมิน คือ แบบวัดข้อที่ 1 เปลี่ยนจากคำว่า “ศึกษาทฤษฎีใด” เป็น “ศึกษาทฤษฎีหรือหลักการใด” แบบวัดข้อที่ 2 จาก “กรณีที่ยกวัตถุขึ้นให้สูงกว่าระดับเดิมมีการทำงานเท่าใด” เป็น “กรณีที่ยกวัตถุขึ้นให้สูงกว่าระดับเดิมมีงานจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร”

2.2) ควรปรับแผนภาพที่ใช้ประกอบสถานการณ์ให้ชัดเจน ในข้อคำถามข้อที่ 2 ควรปรับแผนภาพให้มีขนาดใหญ่ยิ่งขึ้น และในข้อคำถามข้อที่ 3 ควรจัดเรียงแผนภาพตามลำดับให้ชัดเจน

(6) นำแบบวัดที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.4 - 0.7 (Carey, 1988: 254) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอน

บาร์ค และถามนักเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับแผนภาพประกอบและความชัดเจนของภาษาในข้อสอบแต่ละข้อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จำนวน 39 คน ผลการตรวจสอบคุณภาพ สรุปว่าข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.54 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.47ค่าความตรงเท่ากับ 0.78 แบบวัดฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

1.1.3 แบบประเมินคำอธิบาย

แบบประเมินคำอธิบาย คือ แบบประเมินที่ใช้ในการประเมินผลที่ได้จากการทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยแบบประเมินนี้มีชื่อว่า แบบประเมินคำอธิบาย มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินคำอธิบาย พบว่าแบบประเมินคำอธิบายมีองค์ประกอบตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006: 158-162) แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล ดังนั้นการประเมินคำอธิบายในการวิจัยนี้จึงกำหนดรายการประเมิน 3 รายการตามแนวคิดดังกล่าว

(2) ศึกษานิยามของของรายการประเมินทั้ง 3 รายการ เพื่อกำหนดเกณฑ์การประเมิน โดยศึกษาจากงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2006: 158-162) ได้ผลการศึกษาและกำหนดเกณฑ์การประเมิน แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินคำอธิบาย

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
1. ข้อกล่าวอ้าง	การพิจารณาเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำถาม	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
2.หลักฐาน	การเลือกข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี ข้อมูลที่ผ่านการพิสูจน์ ทดลอง และข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่สอดคล้องสัมพันธ์กับสิ่งที่ต้องการคำตอบหรือหาข้อสรุป	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน
3.การให้เหตุผล	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่นำมายืนยันข้อมูล โดยการใช้หลักฐาน หลักการ กฎ ทฤษฎี มาสรุปเชื่อมโยงกับคำตอบที่ได้	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน

(3) นำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ โดยเลือกเกณฑ์แบบรูบริกส์ทั่วไป (Generic Rubrics) ใช้เป็นแนวทางสำหรับประเมินในเบื้องต้น (McNeill and Krajcik, 2008B: 134) ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนน จากนั้นนำเกณฑ์รูบริกส์แบบทั่วไปที่สร้างขึ้น นำไปใช้ในการสร้างเกณฑ์การประเมินแบบจำเพาะ (Specific Rubrics) สำหรับการประเมินแบบวัดในแต่ละข้อ (McNeill and Krajcik, 2008B: 134) โดยกำหนดรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเชิงประจักษ์ และเหตุผล และกำหนดเกณฑ์รายการประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนนเช่นเดียวกัน ดังนั้นสรุปคะแนนที่ได้จากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 9- 27 คะแนน

(4) ดำเนินการสร้างแบบประเมินคำอธิบายที่ได้รับการแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ

0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมิน ทั้ง 3 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ปรับคำเฉลยในข้อสอบข้อที่ 1 ในส่วนของข้อกล่าวอ้างที่ว่า “ระบุข้อมูลได้อย่างชัดเจนว่า ถ้าทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ปริมาณงานที่ทำได้ทั้งหมดจะแสดงค่าของพลังงานจลน์ของวัตถุ” แก้ไขเป็น “ถ้าทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ปริมาณงานที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ทั้งหมดคือค่าของพลังงานจลน์”

3) ปรับคำเฉลยในข้อสอบข้อที่ 2 ในส่วนของข้อกล่าวอ้างที่ว่า “ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า พลังงานศักย์ เป็นพลังงานของระบบที่สะสมอยู่ในวัตถุ เกิดจากตำแหน่งของวัตถุและขึ้นอยู่กับตำแหน่งของอนุภาคภายในระบบนั้น” แก้ไขเป็น “ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า พลังงานศักย์เป็นพลังงานของระบบที่สะสมอยู่ในวัตถุ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุจากจุดอ้างอิงภายในระบบนั้น”

(5) นำแบบประเมินคำอธิบายที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ โดยใช้ประเมินผลการทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้แบบสอบการสร้างคำอธิบายเพื่อตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยนำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจคำอธิบายซึ่งผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนในโรงเรียน 1 ท่าน เป็นผู้ประเมิน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยที่กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5 ผลการตรวจสอบ สรุปว่า คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.83 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละรายการประเมินแสดงในภาคผนวก ง)

1.2 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน เป็นแบบวัดความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้และแนวความคิดสำคัญในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้ชื่อวัดนี้ว่า แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน มีลักษณะเป็นแบบวัด

แบบปรนัยชนิดเลือกตอบพร้อมเหตุผล โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ และมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

(2) ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่ต้องการวัด และศึกษาเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับ การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานตามวิธีการของ Haslam และTregust (1987: 203-211) ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบพร้อมเหตุผล แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานจึงมีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนในตอนที่ 1

(3) สร้างตารางวิเคราะห์มโนทัศน์โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาในสาระฟิสิกส์หน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน เพื่อกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน โดยตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเรื่องแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานจำแนกตามมโนทัศน์ของหัวข้อเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์		จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
	ความหมาย	แนวคิดหลัก	
1.แรงและงาน	2	2	4
2.พลังงาน	2	3	5
3.พลังงานกล	2	2	4
4.กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	2	2	4
5. กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	1	3	4
6.กำลัง	1	2	3
7.เครื่องกล	1	2	3
8.แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน	1	2	3
รวม	12	18	30

(4) สร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์มโนทัศน์ โดยสร้างแบบวัดแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนเหตุผลสนับสนุน ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ในแต่ละส่วนได้ 0 คะแนน

(5) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมและภาษาที่ใช้แล้วจึงนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่แก้ไขปรับปรุงแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (content validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด (item objective congruence; IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง)

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ การใช้คำถามควรปรับภาษาให้ชัดเจน กระชับ และสื่อความหมาย เช่น คำถามข้อที่ 1 “ข้อใดกล่าวถึงการเกิดงานในทางฟิสิกส์” เป็นคำถามที่ไม่ชัดเจน ควรระบุสิ่งที่ต้องการถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันจึงควรแก้เป็น“ข้อใดกล่าวถึงการเกิดงานในทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง” คำถามข้อที่ 5 “เด็กชายแดงหิ้วกระเป๋าเดินขึ้นบันไดอย่างช้า ๆ กับวิ่งขึ้นบันไดในระยะทางที่เท่ากัน งานในทางฟิสิกส์ที่เขาทำได้จะเป็นอย่างไร” เป็นคำถามที่ใช้คำฟุ่มเฟือยและไม่ชัดเจนเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันจึงควรแก้เป็น “ระหว่างหิ้วกระเป๋าเดินขึ้นบันไดกับวิ่งขึ้นบันไดในระยะทางที่เท่ากันการเกิดงานในทางฟิสิกส์จะเป็นอย่างไร” เป็นต้น

2) การใช้ตัวลวงมีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ข้อที่ 12 ตัวเลือกที่ 2และ3 ในส่วนของเหตุผล จาก “พลังงานจลน์แปรผันตรงกับมวลและความเร็วของวัตถุและพลังงานจลน์แปรผกผันกับมวลและความเร็วของวัตถุ” เป็น “พลังงานจลน์แปรผันตรงกับมวลและความเร็วของวัตถุยกกำลังสองและพลังงานจลน์แปรผกผันกับมวลและความเร็วของวัตถุยกกำลังสอง” ข้อที่ 20 ตัวเลือกที่ 3 ในส่วนของเหตุผล จาก “พลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผกผันกับส่วนกลับของกับระยะยืด

ของสปริง” เป็น “พลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผันตรงกับระยะยืดของสปริง” ข้อที่ 27 ตัวเลือกที่ 1 ในส่วนของเหตุผล จาก “พลังงานจลน์แปรผกผันกับพลังงานศักย์” เป็น“พลังงานจลน์จะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานศักย์” เป็นต้น

3) การใช้ภาพประกอบคำถามมีสิ่งที่ควรปรับปรุงคือ ควรเลือกภาพที่มีความชัดเจนถูกต้อง และเหมาะสมยิ่งขึ้น

(7) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก(r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.4 - 0.7 (Carey, 1988: 254) และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตร KR 20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน รวมถึงสอบถามนักเรียนที่ทดสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจเกี่ยวกับข้อคำถามแต่ละข้อ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาใน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จำนวน 39 คน ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อมาใช้ในการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ในข้อที่มีค่าระดับความยาก ค่าอำนาจจำแนกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลวงให้เหมาะสม

ตารางที่ 13 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงานจำแนกตามระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนก

ค่าระดับความยาก	ค่าอำนาจการจำแนก		รวมจำนวนข้อ
	.01 - .19	. 2 ขึ้นไป	
0.51-0.6	-	18	18
0.6-0.7	-	5	5
0.7-0.8	-	3	3
0.8 ขึ้นไป	-	3	3
รวม	0	30	30

(8) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่เลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 25 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิมและนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด โดยใช้โปรแกรมแบบสอบ (Test Analysis Program version 4.2.5 :TAP version 4.2.5) และหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตร KR 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้โปรแกรมดังกล่าวเพื่อหาค่าระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนก พบว่าแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานทั้ง 25 ข้อ มีค่าระดับความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือ ค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.54-0.83 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21-0.86 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง) จากนั้นจึงนำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน สำหรับกลุ่มทดลอง และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ ใช้สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ ครอบคลุมทั้งสาระ จำนวนแผนและจำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน โดยมีขั้นตอนในการเขียนแผนและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบสร้างความรู้พื้นฐาน

(1) ศึกษาเอกสาร ตำราวารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและวิธีสอนแบบปกติ รวมถึงศึกษาขอบข่ายของสาระฟิสิกส์ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเป็นหลักสูตรของโรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน พุทธศักราช 2551

(2) ศึกษารายละเอียดเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่องงานและพลังงานจากคู่มือครูแบบเรียนและผลการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดจำนวนคาบที่ใช้สอน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาสอนรวม 24 คาบ

(3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่วิเคราะห์ สอนตามขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน รายคาบตามหัวข้อเรื่องที่กำหนดจำนวน 9 แผน เมื่อนำมาจัดทำ

เป็นแผนรายชั่วโมงได้จำนวน 9 แผน โดยผู้วิจัยใช้เวลาสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเท่ากัน คือ สัปดาห์ละ 3 คาบ จำนวน 8 สัปดาห์ รวม 24 คาบ

ตารางที่ 14 จำนวนคาบตามสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงาน

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	สาระ	จำนวนคาบ
1	ความหมายของการเกิดงานทางฟิสิกส์	3
2	พลังงาน	2
3	พลังงานกล	3
4	กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	3
5	กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	3
6	กำลัง	3
7	เครื่องกล(รอก,ลิ่ม,คาน)	2
8	เครื่องกล(พื้นเอียง,สกรู,ล้อกับเพลา)	2
9	แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน	3
	รวม	**24**

(4) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติรายคาบตามหัวข้อเรื่องที่กำหนดจำนวน 9 เรื่อง เมื่อนำมาจัดทำเป็นแผนรายคาบได้จำนวน 9 แผน โดยแบ่งสาระและจำนวนคาบ โดยผู้วิจัยใช้เวลาสอนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบเท่ากัน จำนวน 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวม 24 คาบ

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบปกติเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาความตรงตามเนื้อหา การจัดกิจกรรม และความเหมาะสมกับเวลา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์สอนในรายวิชาฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก)

พิจารณาตรวจสอบความตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ความตรงตามเนื้อหาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 การจัดกิจกรรม ตลอดจนความเหมาะสมกับเวลาเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบาย และมโนทัศน์เรื่อง งานและพลังงาน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ การใช้คำถามควรให้ตรงประเด็น มีความชัดเจน และเข้าใจง่าย ควรมีคำตอบหลากหลายเพื่อเป็นคำตอบสำหรับคำถามปลายเปิด

2) การออกแบบการจัดกิจกรรม สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ

2.1) ควรออกแบบการทำกิจกรรมให้หลากหลาย

2.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่6, 7 และ8 ควรให้นักเรียนได้ฝึกออกแบบวางแผน การสืบค้นข้อมูลเองบ้าง

3) ความเหมาะสมของเวลา สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ในขั้นเจรจาต่อรองหาข้อสรุป ควรลดเนื้อหาบางส่วนและกิจกรรมบางอย่างเพื่อให้เหมาะสมกับเวลา

4) ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 หลังจากที่นักเรียนได้เรียนจบในส่วนของเนื้อหาแล้วควรมอบหมายงานหรือชิ้นงานให้แก่นักเรียน เพื่อเป็นร่องรอยหลักฐานแสดงถึงความเข้าใจ

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้งแล้วจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 **แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ** ดำเนินการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน แต่ไม่มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนทดลองสอน ด้วยการแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์วิธีการเรียนการสอน การเก็บคะแนน ในคาบเรียนที่หนึ่ง และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองผู้วิจัยเตรียมนักเรียนโดยแนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานให้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเข้าใจ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ลักษณะของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (2) บทบาทของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน (3) วิธีสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป จากนั้นในคาบเรียนที่ 2 จึงทำการวัดมโนทัศน์ก่อนเรียน และในคาบเรียนถัดไป ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2 การดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มทดลองและดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบปกติกับกลุ่มเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 24 คาบๆ 50 นาที โดยทดลองสอนตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2554 ถึง วันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยระหว่างการดำเนินการทดลองสอน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม โดยวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายในส่วนของคำอธิบายด้วยแบบประเมินคำอธิบาย ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และทดสอบจากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูปดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มทดลอง แล้วนำผลคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดคำอธิบายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที (t -test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ.05 และคำนวณหาขนาดอิทธิพลโดยใช้ค่าดัชนี Cohen's d

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

(1) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบสอบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบสอบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ.05 และคำนวณหาขนาดอิทธิพลโดยใช้ค่าดัชนี Cohen's d

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอนตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ (1) การทดสอบการสร้างคำอธิบาย (2) การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) **การทดสอบการสร้างคำอธิบาย** เป็นการทดสอบทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบาย ซึ่งมีคะแนนเต็ม 27 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ดังนี้ เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนกลุ่มทดลองได้ผลแสดงดังตารางที่ 15

(2) **การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย** เป็นการสังเกตจากพฤติกรรมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ในระหว่างการเรียนการสอนโดย เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล จะสังเกตนักเรียนเลขที่ 1-16 และกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงานจะสังเกตนักเรียนเลขที่ 17 - 33 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 21 คะแนน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	t	Effect Size
กลุ่มทดลอง (n=33)	20.36	1.537	13.481*	3.32
กลุ่มเปรียบเทียบ (n=33)	15.39	1.456		

*P < .05 one-tailed Independent t-test.

ตารางที่ 15 พบว่าภายหลังการทดลอง คะแนนฉลี่ยคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
กลุ่มทดลอง (n=33)	20.36	1.537	75.40
กลุ่มเปรียบเทียบ (n=33)	15.39	1.456	56.89

จากตารางที่ 16 พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเท่ากับ 75.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
กลุ่มทดลอง (n =33)	17.16	2.98	81.67
กลุ่มเปรียบเทียบ (n = 33)	12.94	2.78	56.89

ตารางที่ 17 พบว่า คะแนนเฉลี่ยและคะแนนเฉลี่ยร้อยละกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเท่ากับ17.16 และ 81.67ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือร้อยละ 70

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	t
กลุ่มทดลอง (n =33)	17.16	2.98	15.598*
กลุ่มเปรียบเทียบ (n = 33)	12.94	2.78	

*P < .05 one-tailed Independent t-test

จากตารางที่ 18 พบว่าคะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 19 คะแนนเฉลี่ย(x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

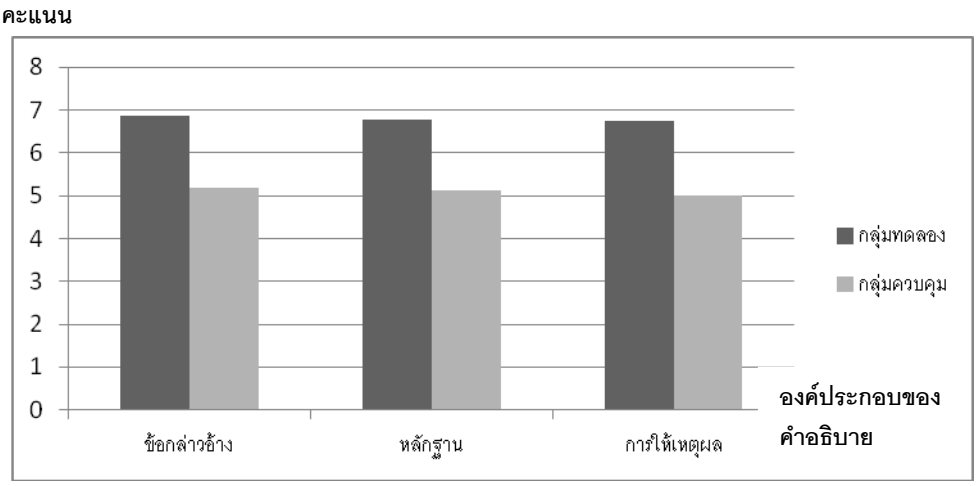
คะแนน	$\bar{x}$	SD	t
กลุ่มทดลอง (n = 33)	37.52	2.12	7.98*
กลุ่มเปรียบเทียบ (n = 33)	28.33	2.53	

*P < .05 one-tailed Independent t-test.

จากตารางที่ 19 พบว่า ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบาย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) (3) เหตุผล (Reasoning) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเต็ม 9 คะแนน ได้ผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

แผนภาพที่ 3 แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ



แผนภาพที่ 3 แสดงว่าองค์ประกอบของคำอธิบายที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้อกล่าวอ้าง ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.84 และ 5.18 คะแนน ตามลำดับ รองลงมา คือ หลักฐาน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.78 และ 5.12 ตามลำดับ ส่วนลำดับสุดท้ายคือ การให้เหตุผล ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.75 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ และทั้ง 3 องค์ประกอบของคำอธิบายนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยพิจารณาในแต่ละรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย ทั้ง 7 รายการ ได้แก่ (1) การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน (2) การวางแผนและออกแบบการทดลอง (3) ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล (4) การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล (5) การระบุข้อสรุปจากข้อมูล (6) การใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์ (7) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล ซึ่งในแต่ละรายการประเมิน มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน ได้ผลการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 20 คะแนนเฉลี่ยของรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายระหว่างนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบและกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	กลุ่มเปรียบเทียบ		กลุ่มทดลอง	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
1. การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน	1.88	0.59	2.60	0.50
2. การวางแผนและออกแบบการทดลอง	1.91	0.63	2.52	0.57
3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	1.79	0.70	2.39	0.66
4. การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล	1.97	0.74	2.64	0.49
5. การระบุข้อสรุปจากข้อมูล	1.96	0.77	2.61	0.50
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	1.73	0.63	2.30	0.59
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	1.70	0.73	2.09	0.68

ตารางที่ 20 แสดงรายการประเมินของกระบวนการสร้างคำอธิบายที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.64 และ 1.97 คะแนนตามลำดับ รองลงมาคือ การระบุข้อสรุปจากข้อมูล

ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 และ 1.96 คะแนน ตามลำดับ ส่วนลำดับสุดท้ายคือ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.09 และ 1.70 คะแนน ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

การวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

จากการทดสอบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน โดยทดสอบก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลองของนักเรียนมาเปรียบเทียบ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานระหว่างก่อนกับหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
กลุ่มทดลอง (n = 33)	9.12	1.474	18.45	1.148	28.056*

*p< .05 one-tailed Independent t-test

จากตารางที่ 21 พบว่า ภายหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานหลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยทดสอบนักเรียนทุกคนทั้งกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติหลังเสร็จสิ้นการทดลอง จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกันได้ผลดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

คะแนน	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.
กลุ่มทดลอง (n =33)	18.45	73.80	1.148
กลุ่มเปรียบเทียบ (n = 33)	16.55	56.89	1.460

จากตารางที่ 22 พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เท่ากับ 73.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	t
กลุ่มทดลอง (n = 33)	18.45	1.148	5.905*
กลุ่มเปรียบเทียบ (n = 33)	16.55	1.460	

*P < .05 one-tailed Independent t-test

จากตารางที่ 23 พบว่า ภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยพิจารณาในแต่ละหัวข้อเรื่องทั้งหมด 8 หัวข้อเรื่อง ได้แก่ (1) แรงและงาน (2) พลังงาน (3) พลังงานกล (4) กฎการอนุรักษ์พลังงานกล (5) กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน (6) กำลัง (7) เครื่องกล และ (8) แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน ได้ผลการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

หัวข้อเรื่อง	คะแนนรวม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
1.แรงและงาน	4	2.61	0.86	2.57	0.86	2.85*
2.พลังงาน	4	2.94	0.79	2.63	0.82	2.88*
3.พลังงานกล	3	2.33	0.54	2.15	0.71	2.94*
4.กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	3	2.54	0.66	2.24	0.75	3.05*
5. กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	3	2.12	0.65	1.79	0.74	3.03*
6.กำลัง	2	1.51	0.51	1.33	0.69	3.35*
7.เครื่องกล	3	2.33	0.59	2.03	0.58	3.02*
8.แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน	3	2.06	0.75	1.79	0.78	2.99*
รวม	**25**	18.45	1.15	16.54	1.46	5.905*

*P < .05 one-tailed Independent t-test

ตารางที่ 24 แสดงหัวข้อเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงานที่นักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยทุกหัวข้อเรื่องสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง

มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

3) เพื่อศึกษามโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

4) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นนักเรียน โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน ในความรับผิดชอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนฟิสิกส์ด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน จำนวน 33 คนและกลุ่มเปรียบเทียบจำนวน 33 คน ที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ ใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ รวม 24 คาบ

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) ก่อนการทดลองด้วยวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 มีค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.54 - 0.83 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21 - 0.86 และค่าความตรงเท่ากับ 0.82 ของนักเรียนทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มเปรียบเทียบ 2) เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลองด้วยการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ 3) เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองด้วยการวัดการสร้างคำอธิบายและวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าที (t -test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเท่ากับ 78.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

6. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานเท่ากับ 73.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

8. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย ได้อภิปรายตามสมมติฐานการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบาย และ 2) ผลของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งอภิปรายตามลำดับดังนี้

1. **ผลของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบาย**

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเท่ากับ 78.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ebenezer.(1999: 127) ที่พบว่าภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีความสามารถในการอธิบายและมีคะแนนการเขียนรายงานการปฏิบัติการสูงขึ้นและนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วย

วิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2แสดงว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่หนึ่ง รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานส่งเสริมให้นักเรียนฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากเรื่องที่นักเรียนได้ศึกษา โดยนักเรียนมีโอกาสฝึก 2 ครั้งสำหรับในการเรียนการสอนแต่ละครั้ง คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นครั้งแรกในขั้นตอนการสร้างความรู้และครั้งที่สองเกิดขึ้นในขั้นตอนการเจรจาหาข้อสรุปเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายหรือรายงานผลของกลุ่มและนำเสนอผลการสำรวจ นอกจากนี้หลังจากที่นักเรียนได้นำเสนอผลการสำรวจแล้วนักเรียนมีโอกาสปรับปรุงหรือแก้ไขคำอธิบายหรือรายงานผลการสำรวจอีกครั้ง จึงทำให้นักเรียนสามารถได้ฝึกสร้างคำอธิบายได้อีกครั้ง ดังนั้นจึงเป็นการช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนและนักเรียนสามารถเรียนรู้และปรับปรุงคุณภาพของลักษณะคำอธิบายให้สูงขึ้นได้อีกด้วย สอดคล้องกับ Santa and Haven. (1991: 122-133)ที่กล่าวว่า การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์กระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบ เกิดความเข้าใจและสามารถเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับปัญหาหรือคำถามในการสำรวจ มีการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจครบถ้วนและถูกต้อง ตลอดจนต้องให้เหตุผลที่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและ ถูกต้อง เพื่อใช้อธิบายและแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งการที่นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานได้มีโอกาสได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายด้วยการลงมือปฏิบัติและการทำกิจกรรมเห็นจากนักเรียนได้ฝึกทักษะการสำรวจตรวจสอบ ทดลอง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการระบุข้อกล่าวอ้าง ฝึกการจัดกลุ่มข้อมูล การวิเคราะห์ ลงความเห็น ผ่านการพิจารณาความเชื่อมโยงของหลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับผลการทดลองผ่านกระบวนคิดที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนจัดการและจัดระบบการคิดของตนเองก่อนที่จะสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สมบูรณ์ นอกจากนี้การที่นักเรียนมีโอกาสฝึกการสร้างคำอธิบายร่วมกันในกลุ่ม อาจมีส่วนทำนักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของแต่ละคนได้ดีขึ้น เนื่องจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนได้เจรจาหาข้อสรุปหรือแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ Atherton (2009: อ้างถึงใน จรรยา ดาสา, 2552: 72) ที่กล่าวว่า การมีปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มจะ

ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดและเรียนรู้ได้มากขึ้น การได้โต้ตอบความคิดของตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้สิ่งที่ตนเองคิดกับผู้อื่นจะช่วยให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายมากยิ่งขึ้น

ประการที่สอง นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองจากการทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบระหว่างการเรียนการสอน สอดคล้องข้อคิดเห็นของ Ebenezer et al. (1999) ที่กล่าวว่า “การใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเน้นการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา มีส่วนช่วยพัฒนากระบวนการสืบสอบของนักเรียน” และรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวเน้นกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยครูสร้างความสนใจด้วยการใช้กิจกรรมที่หลากหลายหรือยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนและให้ทบทวนประสบการณ์เดิมเพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบของปัญหา และให้นักเรียนแสดงความคิดโดยใช้ข้อเท็จจริงหรือหลักฐานที่สัมพันธ์กับคำตอบเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน สอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า “การที่นักเรียนแสดงโดยการพูดหรือระบุคำตอบที่มาจากความเข้าใจเบื้องต้นแล้วจัดกลุ่มข้อมูลเหล่านั้นจะช่วยให้พัฒนาให้นักเรียนรู้และเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงสามารถตอบคำถามของปัญหาได้” (Marton and Boot, 1997; Marton and Tsui, 2004)และสอดคล้องกับDavid and Gina(2008: 2) ที่กล่าวว่า “การสร้างคำอธิบายเป็นการบอกหรืออธิบายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะมีการสืบสอบ ตั้งคำถามและสร้างคำอธิบายพร้อมเหตุผลเพื่อตอบคำถามต่างๆที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายใต้หลักฐาน โดยหลักฐานนั้นได้มาจากการสืบสอบ สำรวจและลงมือปฏิบัติ โดยคำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นตรงกับหลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์” การเรียนรู้เพื่อการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานและการสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ โดยครูจะต้องเตรียมหัวข้อหรือเนื้อหาและให้โอกาสแก่นักเรียนเพื่อฝึกให้นักเรียนเขียนคำอธิบายจากหลักฐานด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ David (2008: 1)

ประการที่สาม นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการทำกิจกรรมที่ฝึกการคิดและแสดงความคิดเห็นเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลหรือแนวความคิดที่นักเรียนแสดงออกซึ่งจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพที่มาจากความคิดของนักเรียนเองหรือของกลุ่มแต่เป็นความคิดที่ไม่ใช่คำตอบของปัญหา การจัดกลุ่มข้อมูลหรือความคิดของนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนมีความ

เข้าใจในคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นและพัฒนาไปสู่ความเข้าใจคงทน McComas, Almazroa and Clough (1998 2) โดยนักเรียนมีการคิดวางแผนการทดลอง ออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การทดสอบสมมติฐานแล้วสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของปัญหา จากนั้นมีการเจรจาเพื่อหาข้อสรุปหรือสร้างคำอธิบายภายในกลุ่ม แล้วนำเสนอคำอธิบายนั้นพร้อมข้อกล่าวอ้างแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังงานวิจัยของ(Bransford, Brown, and Cocking, 2000; Vries, 2002; Ebenezer and Puvirajah, 2005; Kozma, 2000; Linn, 2003) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้เดิมของตนเองแล้วมีการคิดออกแบบการบันทึกข้อมูล จัดกระทำข้อมูล แล้วมีการเจรจาโต้แย้งเชิงเหตุผล นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลที่ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบไปสู่ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการสร้างคำอธิบายที่นักเรียนได้เรียนรู้เพราะทุกครั้งที่มีการเรียนการสอนนักเรียนต้องใช้กระบวนการนี้เสมอจึงช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายให้แก่นักเรียน

ประการที่สี่ รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เน้นให้นักเรียนเขียนอธิบายรายงานผลการทดลอง ทำให้นักเรียนมีการจัดระบบความคิดของตนเองและคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองและเป็นคำอธิบายที่ถูกต้องและสมบูรณ์ดังงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2007) ที่ศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ : ลักษณะพิเศษและการประเมินผลของปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูโดยใช้ แบบปฏิบัติการจัดการเรียนการสอน 4 ประเภท คือ 1) การสร้างแบบจำลองอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ 2) การสร้างข้อความเหตุผล อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ 3) การให้คำจำกัดความการอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ และ 4) การเชื่อมโยงการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สู่การอธิบายในชีวิตประจำวัน มีบทบาททำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ebenezer and Puvirajah (2005) ซึ่งกล่าวว่า การที่นักเรียนมีความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเขียนอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ ทำให้นักเรียนสามารถคิดเชื่อมโยงคำอธิบายเหล่านั้นไปสู่บริบทในชีวิตประจำวันหรือสามารถไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

ประการที่ห้า นักเรียนได้สะท้อนความคิดและเชื่อมโยงความรู้ จากการให้ผลสะท้อนกลับโดยครู จากการทำกิจกรรมในขั้นสะท้อนความคิดที่ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ประเมินจากกลุ่มเพื่อนและตรวจสอบความคิดความเข้าใจ เพื่อสร้างความเชื่อมโยงคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้นไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ สอดคล้องกับคำกล่าวของ (Dewey, 1933: 12) ที่กล่าวว่าการสะท้อนความคิดเป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดไตร่ตรอง ตรึกตรอง ใคร่ครวญอย่างลึกซึ้ง โดยเริ่มจากความสงสัยใคร่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวกับความคิดความเชื่อหรือองค์ความรู้ที่ยึดถืออยู่และใช้ความพยายามในการค้นหาคำตอบโดยอาศัยเหตุผลและข้อมูลอ้างอิง

ประการที่หก นักเรียนมีการรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยมีการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและเหตุผล เพื่อใช้ในการสร้างคำอธิบายและตอบคำถามของปัญหา ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจมากพอที่สร้างคำอธิบายจึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ในเรื่องที่ศึกษาได้ ดังงานวิจัยของ Solomon and Aikenhead (1994) ที่กล่าวว่า นักเรียนต้องใช้ความรู้ความเข้าใจในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและนักเรียนต้องมีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากพอเพื่อพัฒนาหรือสร้างคำอธิบายที่ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายที่ทำการทดสอบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบในส่วนของข้อกล่าวอ้างและหลักฐานไม่แตกต่างกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แต่คะแนนเฉลี่ยของการให้เหตุผลของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยของรายการประเมินที่ 7 คือ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeill et al. (2006: 181) ที่พบว่า “องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในส่วนของการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ยากที่สุดสำหรับนักเรียน เนื่องจากว่านักเรียนไม่สามารถหาหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้” ซึ่งการให้เหตุผลเป็นส่วนที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องที่จะสร้างคำอธิบาย

2. **ผลของการใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน**

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานเท่ากับ 73.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ebenezer.(1999: 127) ที่พบว่าภายหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่องระบบขับถ่ายสูงขึ้นและนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานสูงกว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก

ประการที่หนึ่ง นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ซึ่งเป็นการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ทำให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการสืบสอบด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อฝึกกระบวนการคิดและการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามของปัญหา และได้มอบภาระงานที่กำหนดให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเพื่อหาข้อสรุปของแนวคิดทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ในเรื่องที่ศึกษา ดังผลการวิจัยของ สุพัตรา จันทรโฆษิต (2552) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เท่ากับร้อยละ71.53 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จากผลการวิจัยดังกล่าวนี้สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบรูปแบบหนึ่ง มีโอกาสฝึกให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเพื่ออธิบายคำตอบของปัญหา จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องที่ศึกษาและได้เรียนรู้อย่างมีความหมาย

ประการที่สอง ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติดังนี้

(1) นักเรียนได้ฝึกการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐานคาดคะเนคำตอบ แล้วให้นักเรียนสังเกตและอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้จากสังเกต

(2) นักเรียนได้ลงปฏิบัติทดลอง ออกแบบ วางแผน สืบค้นข้อมูล จากนั้นเจรจาเพื่อหาข้อสรุปภายในกลุ่มเกี่ยวกับผลที่ได้จากการทดลองเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายและสื่อความหมาย

ข้อมูลโดยอภิปรายในชั้นเรียน แล้วนำมาสร้างเป็นมโนทัศน์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งมีการทำงานเป็นกลุ่มที่มีทั้งกิจกรรมสื่อสารภายในตนเองและสื่อสารกับบุคคลอื่นจากการทำกิจกรรม เพื่อสะท้อนความคิดของตนและสื่อสารออกมาโดยอาศัยภาษา ทำให้เกิดการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ระหว่างคน ซึ่งวัฒนธรรมที่สังคมสร้างขึ้น และสถาบันทางสังคมมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา(Vygotsky, 1997) ทำให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนจนเกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Zoller and Scholz (2003) ที่พบว่า การที่นักเรียนมีกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะช่วยพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ มีการตัดสินใจและคิดแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schauble, Leinhardt and Martin (1997) ที่กล่าวว่า “กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้” จากการทำกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนต้องสืบค้นหาแหล่งที่มาของข้อมูลต่าง ๆ ทำให้ได้แหล่งข้อมูลเพิ่มขึ้น จนได้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สัมพันธ์กับข้อมูล จากนั้นจึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้กับหลักฐานด้วยการให้เหตุผลและลงข้อสรุปและสร้างเป็นคำอธิบายทำให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง

(3) นักเรียนนำมโนทัศน์และคำอธิบายไปใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆที่มีความซับซ้อน หรือนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน สังคม สิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะในกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบเกิดความเข้าใจและความรู้ใหม่ที่ได้จากการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมจนเกิดการสร้างความรู้ใหม่ขึ้น

(4) ครูมีการประเมินการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน โดยมีการประเมินการทำงานกลุ่มของนักเรียนและนักเรียนมีโอกาสให้ผลย้อนกลับแก่เพื่อนต่างกลุ่มจากการทำกิจกรรมในขั้นสะท้อนความคิดที่ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองและตรวจสอบความคิดความเข้าใจ เพื่อสร้างความเชื่อมโยงคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้นไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์และคำอธิบายที่ถูกต้อง โดยมีการประเมินจากใบกิจกรรมการทดลอง แบบสอบหรือแฟ้มสะสมงานของนักเรียนและการประเมินการสร้างคำอธิบายของนักเรียนดังงานวิจัยของ scherzo, Bialer and Eylon (2008) ที่พบว่า การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนควรใช้ประเมินจากหลักฐานเชิงประจักษ์ซึ่งจะทำให้เห็นพัฒนาการของนักเรียนในการเข้าใจถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา โดยครูและนักเรียนมีส่วนในการประเมินการเรียนรู้ การสะท้อนความคิดจึงเป็นการแสดงออกถึงความคาดหวัง การรับรู้และความรู้สึกเกี่ยวกับประสบการณ์ โดย

ผ่านกระบวนการพูดและเขียนโดยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบ วางแผน หรือแก้ไขปัญหาซึ่งเหล่านี้เป็นการคิดระดับสูงกว่าการคิดระดับสูงกว่าการคิดทั่วไป (รัชนีกร ทองสุขดี. 2545 : 45) จึงทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องซึ่งจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ตามมาเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Scherz, Bialer and Eylon (2008) ที่พบว่า การประเมินผลการเรียนรู้ควรจะประเมินถึงกระบวนการเรียนรู้ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์และคำอธิบายหรือข้อสรุป ซึ่งการประเมินกระบวนการเรียนรู้นั้นควรประเมินอย่างต่อเนื่องในระหว่าง โดยทั้งครูและนักเรียนควรมีส่วนร่วมในการประเมิน

ประการที่สาม นักเรียนมีการปฏิสัมพันธ์กันในกลุ่มทำงานในกระบวนการสร้างความรู้ ความเข้าใจ ทำให้เกิดการเรียนรู้จากการเรียนร่วมกันจากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีโอกาสพูดแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ส่งผลให้มีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกิดมโนทัศน์ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นมีส่วนช่วยในการปรับเปลี่ยนแนวคิด เกิดความเข้าใจและความรู้ใหม่ที่ได้จากการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมจนเกิดการสร้างความรู้ใหม่ขึ้น (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548. 24) สามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์และความเข้าใจคงทน

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ สามารถอธิบายหรือสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษาได้ ทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นจนเกิดการพัฒนามโนทัศน์ที่ถูกต้องชัดเจนและคงทน

ข้อเสนอแนะ

จากการนำรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการวิจัยในครั้งต่อไป

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้**

    a. ครูวิทยาศาสตร์ควรนำขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานไปใช้ใน

การจัดการเรียน การสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยควรศึกษาลักษณะและขั้นตอนของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

b. ครูควรนำรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานไปใช้ร่วมกับกลวิธีการสอนหรือเทคนิคการสอนที่ใช้อยู่แล้ว เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการจัดการเรียนการสอนและเพื่อส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะของนักเรียนโดยเฉพาะความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจคงทน และเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

จากการวิจัยจากการดำเนินการวิจัยและผลขอการวิจัยที่พบในครั้งนี้ จึงมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

2.1 ในระหว่างการดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้สังเกตพบพฤติกรรมของนักเรียนหลายพฤติกรรม เช่น การวางแผน การแบ่งงานภายในกลุ่ม การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ความกล้าแสดงออก การเจรจาอภิปราย เป็นต้น ดังนั้นสำหรับในการวิจัยในครั้งต่อไป ควรศึกษาวิจัยตัวแปรตามอื่น ที่เป็นผลมาจากรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน เช่น ความสามารถในการโต้แย้ง ความสามารถในการแก้ปัญหา ความมีเหตุผล ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูลเป็นต้น

2.2 ควรทำการศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานกับสาขาวิชาเคมี ธรณีวิทยา ดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์พื้นฐานในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.3 ศึกษาผลของรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานในมิติอื่น เช่น การวิจัยเชิงคุณภาพ หรืออาจจะศึกษาตัวแปรตามเชิงคุณภาพเช่น การศึกษาการเจรจาหาข้อสรุปเชิงคุณภาพ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. ประมวลสาระชุดวิชาวิธีการทางวิทยาศาสตร์. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

เกรียงไกร อภัยวงศ์. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค, 2546.

ชุติมา รอดสุด. ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ทิศนา แขมมณี. ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ทดสอบทางการศึกษา, สำนัก. ผลการประเมินO-net และ A-net ปี 2552. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www.pck1.go.th/pck1/super/onet51.pdf [2 สิงหาคม 2553]

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (องค์การมหาชน). รายงานความก้าวหน้าการจัดการเรียนรู้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551-2552. กรุงเทพมหานคร: เพลินสตูดิโอ, 2552.

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (องค์การมหาชน). ค่าสถิติ O-NET. [ออนไลน์]. 2549. แหล่งที่มา: http://gpa.moe.go.th/Onet48/StatViewSchool.asp?xSchId=04820101 [22 สิงหาคม 2553]

ธีระชัย ปูรณโชติ. หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์. ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1 – 4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. การปรับเปลี่ยนมโนมติเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548.

น้ำค้าง จันเสริม. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิส โดยใช้วิธี PREDICT- OBSERVE - EXPLAIN (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์. เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1 - 7 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพมหานคร: ยูไนเต็ดโปรดักชัน, 2525.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. ทักษะ 5C เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัด การเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. ปรับวิธีเรียน เปลี่ยนวิธีสอน วิทยาศาสตร์ สู่ห้องเรียนแห่งการคิด. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.), 2550.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.), 2545.

ภพ เลาหไพบูลย์. การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่: เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล, 2534.

รัชนีกร ทองสุขดี. การเขียนสะท้อนความคิด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. ศึกษาศาสตร์สาร. 29 (2545): 45-51.

ศิริชัย กาญจนวาสี. ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. คู่มือการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา, 2535.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2551.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สภาวะการณ์การศึกษาไทยในเวทีโลก พ.ศ. 2550. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค, 2552.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สรุปผลการดำเนินงาน 9 ปีของการปฏิรูปการศึกษา (พ.ศ.2542-2551). กรุงเทพมหานคร: วี.ที.ซี. คอมมิวนิเคชั่น, 2552.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2548.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2551.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. บทสรุปผู้บริหาร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www3.ipst.ac.th/files/PISA2009_A.pdf [11 ธันวาคม 2553]

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,สถาบัน. โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.ipst.ac.th/pisa/index.html [3 สิงหาคม 2553]

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. แนวทางการจัดการเรียนรู้. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.ipst.ac.th/sci_curriculum/215_230.pdf [2 สิงหาคม 2553]

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. ผลการประเมินด้านการอ่านของนักเรียนอายุ 15 ปี. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.ipst.ac.th/pisa/pisa31.html [3 สิงหาคม 2553]

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2554.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2554.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

สุพัตรา จันทรโฆษิต. ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

สุวัฒน์ นิยมค้า. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์, 2531.

สุนีย์ คล้ายนิล. ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้: รายงานจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2006. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551.

เสาวลักษณ์ เหลืองดี. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติและความพึงพอใจ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

ภาษาอังกฤษ

Ansberry, K. R. and Morgan, E. R. More Picture-Perfect Science Lessons: Using Children's Book To Guide Inquiry. VA: NSTA Press, 2007.

Berland, L. K. and Reiser, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. Science Education 93 (2009): 26-55.

Bybee, R. W. Science Inquiry and Scientific Teaching, 2004. Cited in Flick, L. B. and Lederman, N. G., Scientific Inquiry and Nature of Science: Implication for Teaching, Learning, and Teacher Education, pp. 1-14. Netherlands: Kluwer Academic, 2006.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., et al. The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Colorado Springs: CO, 2006.

Beyer, C. J. and Davis, E. A. Fostering Second Gradersx Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teachers Knowledge, Beliefs, and Practice. The Journal of the Learning Sciences 17 (2008): 381-414.

Carey, L. M. Measuring and Evaluating School Learning. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1998.

Carin, A. A., and Sund, R. B. Teaching Science Through Discovery. 4th ed. Ohio: Charles E. Merill, 1980.

Carin,A.,and Sund R.B. Teaching Science Through Discovery. 3rd ed. Ohio: Bell & Howell, 1989.

Chin, C., and Brown, E. D. Learning in science: a comparison of deep and surface approaches. Journal of Research in Science Teaching. 37 (2000): 109 –138.

Crowl, T. K., Kaminsky, S., and Podell, D. M. Educational Psychology: Windows on Teaching. Time Mirror Higher Education Group, 1997.

Dewey, J. How We Think. A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process (Revised edn.). Boston, D. C.: Heath. Brilliant, 1993.

Ebel, R. L. Essential of Educational Measurement. 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall, 1986.

Ebenezer,J.V., and Connor,S. Learning to teach science: A model for the 21 century. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

Ebenezer, J.V., & Erickson, G. Chemistry students' conceptions of solubility. Science Education. 80 (1996): 181–201.

Ebenezer, J.V., & Fraser, D. First year chemical engineering students' conceptions of energy insolution process: Phenomenographic categories for common knowledge construction. Science Education. 85 (2001): 509–535.

Ebenezer, J.V., & Gaskell, P.J. Relational conceptual change in solution chemistry. Science Education. 79 (1995): 1–17.

Ebenezer, J.V., & Haggerty, S. Becoming secondary school science teachers: Preservice teachers as researchers. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

Esler, W. K., and Esler, M. K. Teaching Elementary Science. California: Wadsworth, 1985.

Eugenia, E. Developing and Assessing Scientific Abilities. [Online]. 2004. Available from : http://paer.rutgers.edu/PT3 [2010,August 19]

Feldmand, R.S. Understanding Psychology. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1990.

Gagne, R.M. The condition of learning. Tokyo: Holt, Rinehart and Winton, 1977.

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

Gibson, J.T. Psychology for the Classroom. New Jersey: Prentice-Hall, 1980.

Gilbert, J.K., Boulter, C., and Rutherford, M. Model in explanation. International Journal of Science Education. 20 (1998): 83-97.

Gilbert, J.K. et al. Explanation with Models in Science Education. In Gilbert, J.K. and Boulter, C.J., Developing Models in Science Education, Page 193-208, Netherlands: Kluwer Academic, 2000.

Good, C.V. Dictionary of Classroom. New York: McGraw-Hill, 1973.

Gravetter, F. J. and Wallnau, L. B. Statistics for the Behavioral Sciences. 6th ed, CA: Wadsworth-Thomson Learning, 2004.

Haslam, F.and Tregust , D.F. Diagnosing secondary student misconceptions of photosynthesis and respiration in plant using a two-tier multiple choice instrument. Journal of Biological Education. 21 (1987): 203-211

Jacobsen, D., Eggen, P., Kauchak, D., and Dulaney, C. Methods for teaching: a skills approach. 2nd ed. Columbus, Ohio: Merrill, 1985.

Jacobson, W.J., and Bergman, A.B. Science for Children a Book for Teacher. 3nd ed Englewood Cliffts, New Jersey: Prentice Hall, 1991.

Joyce, B. and M, Weil. Model of teaching. New jersey : Prince-Hall, 1980.

Kampourakis, K., and Zogza, A. V. Students' intuitive explanations of the cause of homologies and adaptations. Science and Education. 17 (2008), 27-47.

Kemerling, G. Scientific Explanation. [Online]. 2002. .Available from : http://www. philosophypages.com/lg/e15.html [2011,January 19]

Kuhn, L. and Reiser, B. Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations. [online]. 2004. Available from:http://p2061.org/documents /Students_Evidence_Based_Scientific_Explanations.pdf [2011, July 18]

Klausmeier, J. H. Educational Psychology. 5th ed. New York: Harper & Row, 1985.

Klopfer, E.T. Handbook on Formative and Summative Evaluations. New York: Addison-Wesley, 1971.

Lawson, A.E.. What Kinds of Scienctific Concepts Exist? Concept Construction and Intellectual Development in College Biology. Journal of Research in Science Teaching. 9 (2000): 996-1018.

Line, K.K. Exploring Science in Early Childhood Education: a development approach. 3rded. University of Louisville, USA. Delmar Thomson Learning, 2000.

Llewellyn, D. Inquire within: implementing inquiry-based science standards. Thousand Oaks, Calif: Corwin press, 2002.

Martin, R. E., Wood, G. E., and Stevens, E. W. An Introduction to Teaching A Question of Commitment. Massachusetts: Allyn & Bacon, 1988.

Marton,F, Tsui, A B M et al. Classroom discourse and the space of learning. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2004.

Marton, F., Hounsell, D. and Entwistle, N. (1997) The Experience of Learning. 2nd edition.

McDonald, F.J. Educational Psychology. 2th ed. San Francisco: Wadsworth Publishing, 1960.

McNeill, K.L., D.J. Lizotte, and J. Krajcik. Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. The Journal of learning science. 15 (2006): 153-191.

McNeill, K.L., and Krajcik, J. Science Explanation: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. Research In Science Teaching. 45 (2007): 53-78.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachersx Instructional Practices on Student Learning. Journal of Research in Science Teaching. 45 (2008): 55-78.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning. [online]. 2008. Available from: www.nsta.org/permissions. [2010, August 6]

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. Assessing Middle School Students Content Knowledge and Reasoning Through Written Scientific Explanations In National Science Teacher Association, Assessing Science Learning. Page 101-116, Virginia: NSTA Press, 2008.

National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council. National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academics Press, 1996.

National Research Council. Inquiry and the national science education strandards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

Nitko, J. A. Educational Assessment of Students. 4th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.

Nitko, A. J. and Brookhart, S. M. Educational Assessment of Students. 5th ed. New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall, 2007.

Norris, P. S., el al. A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science. Science Education. 89 (2005): 535-563.

North Central Regional Education Laboratory and Metiri group. The Gauge 21st Century Skills for 21st Century Learners. [Online]. 2003. Available from: www.ncrel.org /engauge [2011, May 1]

Odum, A. L. and Kelly, P. V. Integrating Concept Mapping and The Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Students. Science Education. 85 (2001): 615-635.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2007). Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006. Retrieved November 2008.

Organization for Economic Co-operation and Development. PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science. [Online]. Available from: http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf [2011, August 1]

Pines, A. L. Towards a Taxonomy of Conceptual Relations and the Implication of the Evaluation of Cognitive Structures. pp. 101 – 116. New York: Academic press, 1985.

Romey, W.D. Inquiry Techniques for Teaching Science. New Jersey : Prentice –Hall, 1968.

Rowntree, D. J. A Dictionary of Education. London: Harper and Row, 1981.

Sampson, V. and Clark, D. V. The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. Science Education. 93 (2009): 448-484.

Schwarz, C., and Gwekwerere, N. Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. Science Education. 19 (2007): 158-187.

Smith, W.A., et al. Instructional design. 3th ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2005.

Sund, R. B., and Trowbridge, L. W. Teaching Science by Inquiry in secondary school. 2nd ed. Ohio: A bell & Howell, 1973.

UNESCO. Scientific and Technological literacy for all. [Online]. 2000. Available from: http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001200/120041Eo.pdf [2010, March 2]

Vygotsky, L. S. Educational Psychology. Boca Raton: St. Lucie. Press, 1997.

Vygotsky, L. S. The Development of Higher Psychological process. In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, E. Souberman(eds.), Mind in Society, pp. 34-36. Cambridge,MA: Harvard University Press, 1978.

Woolfolk, A.E. Educational psychology. 6th ed. Ohio: A Simon & Schuster, 1995.

Zacharia, Z. C. The Impact of Interactive Computer Simulations on the Nature and Quality of Postgraduate Science Teachersx Explanations in Physics. International Journal of Science Education. 27, 14 (2005): 1741-1767.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์ชาย เพ็ชรช่วย	อาจารย์ประจำภาควิชา การสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
2. อาจารย์วรรณา เฟื่องฟู	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).
3. ดร. สนอง ทองปาน	อาจารย์สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

1. ผศ.ดร.ภัทร อัยรักษ์	อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2.ดร.ปิยพัฒน์ พูลทอง	นักวิจัยสาขาฟิสิกส์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
3.อาจารย์ธันยากานต์ ยืนตระกูลชัย	นักวิชาการสาขาประเมินมาตรฐาน (ฟิสิกส์) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.โสภาพรรณ แสงศัพท์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2.รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์	อาจารย์แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
3.อาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่
    1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย
    2) แบบประเมินคำอธิบาย
2. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ชื่อ - นามสกุล ผู้ได้รับการประเมิน .....**ชั้น** ..... **เลขที่** .....
ประเมินครั้งที่..... **หน่วยการเรียนรู้ที่**..... **เรื่อง** ..... **วิชา**.....
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง .....**วันที่ประเมิน**.....

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**			**บันทึกผลการสังเกตเพิ่มเติม**
	3	2	1	
1. การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน				
2. การวางแผนและออกแบบการทดลอง				
3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล				
4.การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล				
5. การระบุข้อสรุปจากข้อมูล				
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์				
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล				

รวมคะแนน ..... **คะแนน**

ระดับความสามารถ ❑ **ดีมาก** ❑ **ดี** ❑ **ควรปรับปรุง**

ลงชื่อ ..... **(ผู้ประเมิน)**

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ กำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลอย่างชัดเจน	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ กำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา	ไม่มีการทบทวนหรือทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมไม่สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ และไม่กำหนดปัญหาหรือตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหา
2. การวางแผนและออกแบบการทดลอง	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องบางส่วน ไม่เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้	ไม่มีการกำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบหรือกำหนดขั้นตอนไม่ถูกต้องและไม่มีการออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบหรือออกแบบได้ไม่เหมาะสม
3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างครบถ้วน	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ไม่ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไม่ครบถ้วน	ไม่ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ และไม่มีการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบหรือบันทึกไม่ครบถ้วน

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
4.การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล	มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องชัดเจนและมีการแปลความหมายถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องและมีการแปลความหมายถูกต้องแต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน	มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องบางส่วนและมีการแปลความหมายไม่ถูกต้องและสื่อความหมายไม่ชัดเจน
5. การระบุข้อสรุปจากข้อมูล	ระบุข้อสรุปได้ถูกต้อง และมีความกระชับ	ระบุข้อสรุปได้ถูกต้องบางส่วน และไม่กระชับ	ไม่ระบุข้อสรุปหรือระบุข้อสรุปไม่ถูกต้อง
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อสรุป รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ตรงตามหลักการ กฎ ทฤษฎีถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อสรุปบางส่วน แสดงหลักฐานได้ตรงตามหลักการ กฎ ทฤษฎีถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกับข้อสรุป รวมทั้งไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎี
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาถูกต้อง ครบถ้วนทุกประเด็น	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบทุกประเด็น	ไม่มีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน หรือใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน

แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม สอบวันที่ .....

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน

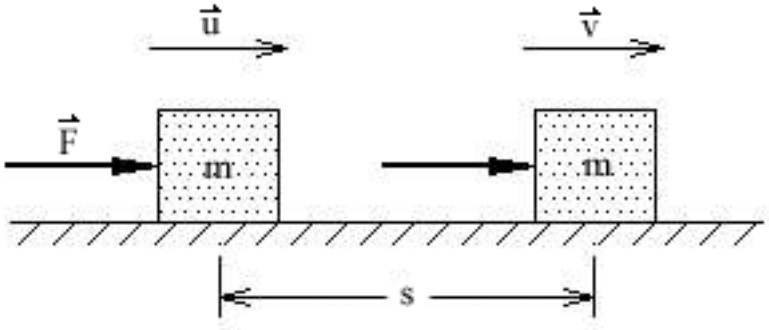
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนใช้ปากกาในการเขียนคำตอบ
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 4 หน้า ให้นักเรียนเขียนชื่อ เลขที่และห้องให้ครบทุกหน้า
3. ข้อสอบเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

ชื่อ……เลขที่ ……..…ห้อง…….

1. จงพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

กำหนดให้มวล m วางบนพื้นราบลื่นที่จุด A เมื่อถูกแรง $\vec{F}$ กระทำจนวัตถุเคลื่อนที่ไปถึงจุด B วัตถุมีความเร็วเปลี่ยนแปลง จาก ความเร็วต้น $\vec{v}_A$ เป็น ความเร็ว $\vec{v}_B$ การกระจัดที่เคลื่อนที่ได้คือ $\vec{s}$ ดังรูป



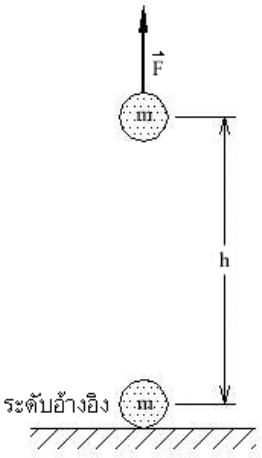
จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น งานมีความสัมพันธ์กับพลังงานจลน์อย่างไร และการเปลี่ยนรูปงานและพลังงานจลน์สัมพันธ์กันอย่างไร เกี่ยวข้องกับการศึกษาทฤษฎีใด ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและอธิบายทฤษฎีดังกล่าว

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

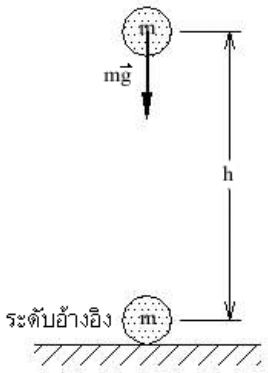
ชื่อ……เลขที่ ……..…ห้อง…….

2. จงพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

ให้มวล m วางอยู่ที่พื้น เมื่อออกแรง $\vec{F}$ ยกวัตถุหนัก = $m\vec{g}$
ยกวัตถุขึ้นสูงจากพื้น = $\vec{h}$ ด้วยความเร็วคงตัว ดังรูป



รูปแสดงงานในการยกวัตถุจากพื้นขึ้นไปได้สูง $\vec{h}$



รูปแสดงการปล่อยวัตถุลงสู่พื้น

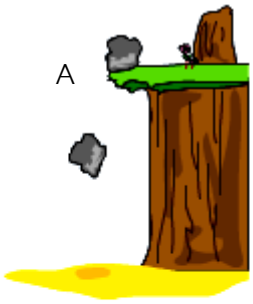
จากดังกล่าวข้างต้นกรณีที่ยกวัตถุขึ้นให้สูงกว่าระดับเดิมมีการทำงานเท่าใด กรณีงานในการยกวัตถุจากที่สูง ลงสู่พื้นระดับอ้างอิงในแนวดิ่งเป็นระยะทาง h งานที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร งาน พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและอธิบายทฤษฎีดังกล่าว

……
……
……
……
……
……
……
……
……

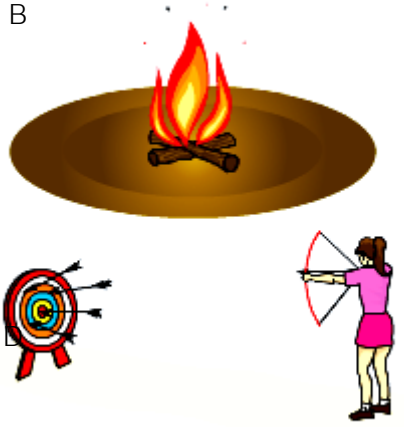
ชื่อ……เลขที่ ……ห้อง……

3. จากภาพ แสดงถึงกิจกรรมต่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำ นักเรียนคิดว่ามีกระบวนการเกิดพลังงานใดเกิดขึ้นบ้างและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร นักเรียนทราบได้อย่างไร ให้นักเรียนอธิบายการเกิดกระบวนการดังกล่าว

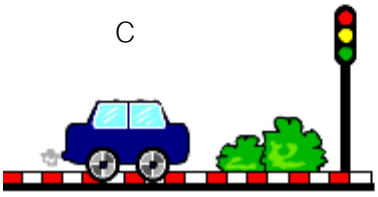
A



B



C



……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์(ข้อ 1)

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน “ กล่าวอ้างถึงทฤษฎีบทงาน-พลังงาน (work-energy theorem)”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน“ กล่าวอ้างถึงทฤษฎีอื่นที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีบทงาน-พลังงาน (work-energy theorem”	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง “ ไม่มีการกล่าวอ้างถึงทฤษฎีบทงาน-พลังงาน (work-energy theorem ”
2.การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน “วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์อยู่ ถ้ามีการเปลี่ยนของพลังงานจลน์ จะทำให้เกิดงานขึ้น”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น “วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์อยู่ ถ้ามีการเปลี่ยนของพลังงานจลน์ จะทำให้เกิดงานขึ้น”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง“ไม่มีการระบุถึงวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์อยู่ ถ้ามีการเปลี่ยนของพลังงานจลน์ จะทำให้เกิดงานขึ้น”
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงการเกิดงานและความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ กับทฤษฎีทฤษฎี	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงการเกิดงานและ	เขียนประโยคที่เชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงการเกิดงานและความสัมพันธ์

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
	บทงาน-พลังงาน ซึ่งมีใจความสำคัญ 3 ข้อ คือ 1) ถ้าให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ไปทำงานอย่างหนึ่ง ปริมาณงานที่ทำได้ทั้งหมด จะแสดงค่าของพลังงานจลน์ของวัตถุ วัตถุที่มีพลังงานจลน์มากจะสามารถทำงานได้มาก วัตถุที่มีพลังงานจลน์น้อยจะสามารถทำงานได้น้อย 2) ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ จะทำให้พลังงานจลน์ของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น และถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำ มีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ จะทำให้พลังงานจลน์ของวัตถุมีค่าลดลง 3) ความสัมพันธ์ระหว่างงานและละพลังงานจลน์ พบว่าการเปลี่ยนพลังงานจลน์ ทำให้เกิดงาน หรืองานทำให้เกิดการเปลี่ยนของพลังงานจลน์	ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ กับทฤษฎีทฤษฎีบทงาน-พลังงาน แต่กล่าวใจความสำคัญ 3 ข้อ ไม่ชัดเจน ”	ระหว่างงานและพลังงานจลน์ กับทฤษฎีทฤษฎีบทงาน-พลังงาน ว่าเกี่ยวข้องกับเรื่องอื่น”

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 2)

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน“กล่าวอ้างถึงพลังงานศักย์โน้มถ่วง”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน“กล่าวอ้างถึงพลังงานรูปอื่นแต่เกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง “ไม่กล่าวอ้างถึงพลังงานศักย์โน้มถ่วง”
2.การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน “พลังงานศักย์ ที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุพร้อมที่จะทำงา และ กรณีที่ปล่อยวัตถุมวล m จากที่สูงให้ตกสู่พื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น “พลังงานศักย์ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุ”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง “ไม่กล่าวถึงตำแหน่งของวัตถุ”
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่างาน พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ มีความสัมพันธ์กันคือ งานสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้งานที่ทำในการยกวัตถุให้สูงขึ้นในแนวดิ่ง จะเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่เพิ่มขึ้น เมื่อวัตถุตกลงในแนวดิ่ง พลังงานศักย์โน้มถ่วงสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานจลน์”	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่างาน พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ มีความสัมพันธ์กันคือ งานสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ได้แต่อธิบายกระบวนการไม่ชัดเจน”	เขียนประโยคที่เชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน “ไม่สามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงว่างาน พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ มีความสัมพันธ์กัน”

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 3)

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน“กล่าวอ้างถึงกระบวนการเกิดพลังงานแต่ละประเภท”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน“กล่าวอ้างถึงกระบวนการเกิดพลังงานแต่ละประเภท”	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง “ไม่กล่าวอ้างถึงกล่าวอ้างถึงกระบวนการเกิดพลังงานแต่ละประเภท”
2.การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน“ระบุว่า ชื่อกระบวนการเกิดพลังงาน และระบุประเภทดังนี้คือ A คือพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ B คือพลังงานเคมี พลังงานความร้อนและแสงสว่าง C คือ พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานจลน์และพลังงานเสียงD คือ พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น“ระบุว่าชื่อกระบวนการเกิดพลังงาน หรือระบุประเภทพลังงานอย่างใดอย่างหนึ่ง”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง“ไม่สามารถระบุได้ชื่อกระบวนการเกิดพลังงานและระบุระบุประเภทพลังงาน”
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่ากระบวนการเกิดพลังงานแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์ โดย A คือวัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสม เมื่อปล่อยวัตถุลงมาทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์เกิดขึ้นและพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะลดลงเรื่อยๆB คือพลังงานเคมีจากถ่านหรือไม้ฟืนเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและแสงสว่างC คือ พลังงานเคมีจากน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้รถยนต์แล่นได้เกิดพลังงานจลน์พลังงานความร้อน D คือ คนยิงธนูมีพลังงานศักย์สะสมอยู่ที่คันธนูเมื่อยิงธนูออกไปทำให้เปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์”	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “เกี่ยวกับกระบวนการเกิดพลังงานและความสัมพันธ์ A คือวัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสม B คือพลังงานเคมีสะสมอยู่ในฟืน C คือ พลังงานเคมีจากน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้รถยนต์แล่นได้ D คือ คนยิงธนูมีพลังงานศักย์สะสมอยู่ที่คันธนู”	เขียนประโยคที่เชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน “อธิบายให้ความสัมพันธ์กระบวนการเกิดพลังงานและความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง”

ตัวอย่าง แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

<u>คำชี้แจง</u>

1. ข้อสอบนี้มีทั้งหมด 12 หน้า มีจำนวน 25 ข้อ

2. คะแนนเต็ม 25 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที

3.ข้อสอบเป็นแบบปรนัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ข้อคำถามเชิงเนื้อหา และเหตุผลในการเลือกตัวเลือกของคำตอบนั้นๆ

4.เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท(X) ลงบนข้อที่เลือกและหากต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบใหม่ลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

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

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

(1) นายบอลแบกกล่องแล้วเดินขึ้นบันไดงานที่ทำได้มีค่าเท่ากับศูนย์

(2) เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ แต่วัตถุไม่เคลื่อนที่งานของแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับศูนย์

(3) เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมงานของแรงที่กระทำนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์

(4) นายป๋องถือกล่องและนั่งอยู่บนรถที่กำลังเคลื่อนที่ไปตามถนนราบงานที่กระทำมีค่าเท่ากับศูนย์

ข้อใดกล่าวถึงการเกิดงานในทางฟิสิกส์

ก. 1, 2, 3 ข. 1, 3, 4 ค. 2, 3, 4 ง. 1, 2, 3, 4

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. งานในทางฟิสิกส์เกิดจากการทำให้วัตถุเคลื่อนที่
2. แรงที่กระทำกับวัตถุต้องมีทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่
3. งานเกิดจากการให้แรงกับวัตถุ ถึงแม้วัตถุจะหยุดนิ่งก็ตาม
4. ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุอยู่ในแนวเดียวกับแรงที่กระทำ

2. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของพลังงานจลน์ได้ถูกต้อง

ก. พลังงานของวัตถุที่กำลังหยุดนิ่ง

ข. พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่

ค. พลังงานของวัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่

ง. พลังงานของวัตถุที่กำลังตกจากที่สูง

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. พลังงานจลน์เกิดจากวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่
2. วัตถุเคลื่อนที่กำลังจะหยุดนิ่งพลังงานจลน์จะคงที่
3. วัตถุเคลื่อนที่กำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์เสมอ
4. วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เกิดพลังงานจลน์

3. ก้อนหินก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว v ต่อมาเพิ่มมวลเข้าไปอีกเป็น 2 เท่า ของมวลตอนแรกแล้วให้ก้อนหิน ตอนหลังมีความเร็ว v เท่าเดิม พลังงานจลน์จะเป็นอย่างไร

ก. ลดลง1/2 เท่าของตอนแรก

ข. ลดลง 1/4 เท่าของตอนแรก

ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก

ง. พลังงานจลน์เท่าเดิม

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. พลังงานจลน์แปรผันตรงกับมวล

2. พลังงานจลน์แปรผกผันตรงกับมวล

3. มวลไม่มีผลกับการเพิ่มขึ้นของพลังงานจลน์

4.พลังงานจลน์แปรผันตรงกับทิศทางการเคลื่อนที่ของมวล

4. ข้อใดแสดงว่าวัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง

ก. รถยนต์กำลังแล่นด้วยความเร็วอยู่บนถนน

ข. ลูกมะพร้าวกำลังตกลงบนพื้นดิน

ค. โอ่งน้ำถูกวางอยู่บนพื้นปูน

ง. ออกแรงเข็นรถเข็นไปตามพื้นราบ

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1.พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่นิ่ง

2. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีความเร็ว

3. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีความสูง

4.พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ตามแนวราบ

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่าง

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน (คาบที่ 1-3)

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน(งาน) วิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 150 นาที (3 คาบเรียน)

ผู้สอน นางสาวอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้นี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. สังเกตเหตุการณ์การเกิดงานและไม่เกิดงานทางฟิสิกส์เพื่อระบุเกณฑ์ในการจัดกลุ่มได้
2. เปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของการเกิดงานและไม่เกิดงานเพื่อจัดกลุ่มได้
3. ปฏิบัติการจัดกลุ่มการเกิดงานและไม่เกิดงานทางฟิสิกส์ได้
4. ทดลองและอธิบายการเกิดงานทางฟิสิกส์ได้
5. อธิบายความหมายของงานทางฟิสิกส์ได้
6. ระบุหน่วยของงานทางฟิสิกส์ได้
7. คำนวณหาค่างานทางฟิสิกส์ได้
8. ยอมรับความแตกต่างระหว่างการเกิดงานทางฟิสิกส์และงานในชีวิตประจำวัน

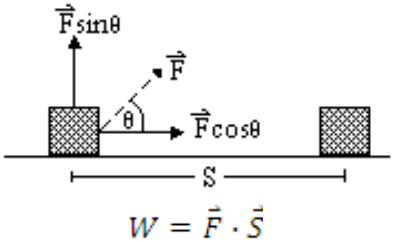
สาระการเรียนรู้

<u>ความรู้</u>

งาน คือ ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง

หน่วยของงาน คือ จูล (J) หรือ นิวตัน-เมตร (N-m) และงานเป็นปริมาณสเกลาร์

การคำนวณหาค่างาน



$$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$$

เมื่อ $\vec{F}$ = ขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$\vec{S}$ = ขนาดของการกระจัด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

θ = มุมระหว่าง $\vec{F}$ ทำกับ $\vec{S}$

1. แรงกับการกระจัดอยู่ในแนวเดียวกัน $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

2. แรงกับการกระจัดไม่อยู่ในแนวเดียวกัน $W = \vec{F}cos\theta \cdot \vec{S}$

<u>ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด</u>

-ทักษะการสังเกต
- ทักษะการจำแนกประเภท
- ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
- ทักษะความหมายและลงข้อสรุป
-ทักษะการสืบสอบ
- ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล
-ทักษะการสื่อความหมาย
-ทักษะการทดลอง
-ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม
- ทักษะการอภิปราย

<u>คุณลักษณะที่พึงประสงค์</u>

- มีความอยากรู้อยากเห็น
- มีความรับผิดชอบ
- นักช่างสังเกตและอยากรู้อยากเห็น
- ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
- มีเหตุผล

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นค้นหาและจัดกลุ่มข้อมูล(Exploring and Categorizing) (25 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 8 กลุ่มๆละ 5 คน สังเกตแผ่นภาพต่างๆ แล้วซักถามนักเรียนในประเด็นต่อไปนี้

   1) กิจกรรมใดบ้างที่ได้งานและไม่ได้งานในทางฟิสิกส์

   2) ความหมายของงานโดยทั่วไปกับความหมายของงานทางฟิสิกส์แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

   1.1.ภาพที่ 1 ภาพผู้หญิงแบกของเดินตามพื้น(ปรากฏในภาคผนวก)

   1.2.ภาพที่ 2 ภาพนักกีฬายกน้ำหนัก(ปรากฏในภาคผนวก)

   1.3.ภาพที่ 3 ภาพคนเข็นของขึ้นพื้นเอียง(ปรากฏในภาคผนวก)

   1.4.ภาพที่ 4 ภาพเด็กเดินหิ้วกระเป๋าเดินขึ้นบันได(ปรากฏในภาคผนวก)

2. ครูเตรียมภาพให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตจำนวน 4 ภาพ โดยเน้นให้นักเรียนภายในกลุ่มสังเกตการออกแรงแต่ละกิจกรรมและบันทึกผลการสังเกตดังนี้

2.1 ภาพที่ 4 ภาพผู้ชายแบกของเดินตามพื้นระดับ (ปรากฏในภาคผนวก)

2.2 ภาพที่ 5 ภาพนักปั่นจักรยานเข็นจักรยานขึ้นพื้นเอียง (ปรากฏในภาคผนวก)

2.3 ภาพที่ 6 ภาพผู้ชายกำลังเล่นสกีบนภูเขาที่ลาดเอียง (ปรากฏในภาคผนวก)

2.4 ภาพที่ 7 ภาพเด็กยกกล่องแล้วเดินในแนวราบได้ระยะทาง 2 เมตร (ปรากฏในภาคผนวก)

3. นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นดังต่อไปนี้

3.1 กิจกรรมที่เกิดงานและไม่เกิดงานทางฟิสิกส์

3.2 การเกิดงานทางฟิสิกส์

3.3 ความแตกต่างระหว่างการเกิดงานและไม่เกิดงานทางฟิสิกส์

3.4 ความแตกต่างระหว่างกิจกรรมที่เกิดงานทางฟิสิกส์และกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

4. ครูตรวจสอบความรู้ของนักเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่องกิจกรรมต่างๆของมนุษย์

ขั้นการสร้างความรู้และการเจรจาหาข้อสรุป(Constructing and Negotiating) (75 นาที)

1. ครูเตรียมชุดอุปกรณ์ทดลองเรื่องงาน โดยให้ตัวแทนกลุ่มมารับอุปกรณ์ทดลอง

2. แต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3. สมาชิกแต่ละกลุ่มนำผลที่ได้จากการศึกษามาสร้างเป็นคำอธิบายและมโนทัศน์ของกลุ่ม ตัวแทนกลุ่ม

นำเสนอผลการศึกษา

4. กลุ่มนักเรียนพิจารณาแนวคิดของกลุ่มอื่นๆ แล้วมาเจราจาหาเปรียบเทียบแนวคิดของกลุ่มอื่นกับแนว

คิดของกลุ่มตัวเองและเจรจาหาข้อสรุปเพื่อสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานทางฟิสิกส์

ขั้นขยายและการแปลงความรู้ไปใช้(Extending and Translating) (25 นาที)

1. ครูนำเสนอเหตุการณ์ใหม่ให้นักเรียนแสดงความเข้าใจในประเด็นต่อไปนี้

1.1.การถ่อเรือทำให้เกิดงานในทางฟิสิกส์หรือไม่พร้อมให้เหตุผล

1.2.ช้างลากซุงทำให้เกิดงานในทางฟิสิกส์หรือไม่พร้อมให้เหตุผล

1.3.การเข็นรถทำให้เกิดงานในทางฟิสิกส์หรือไม่พร้อมให้เหตุผล

2. นักเรียนยกตัวอย่างการเกิดงานทางฟิสิกส์ที่พบในชีวิตประจำวันพร้อมอธิบายเหตุผล

3. ให้นักเรียนเลือกประเด็นการเกิดงานทางฟิสิกส์ที่นักเรียนสนใจเขียนลงในกระดาษคลิปชาร์ต

ขั้นการสะท้อนความคิดและประเมินการเรียนรู้ (Reflecting and Assessing) (25 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นการเกิดงานที่นักเรียนยกตัวอย่างต่อไปนี้

1.1 ความเหมือนและความต่างกับการเกิดงานในชีวิตประจำวัน

1.2 มีแรงชนิดใดเข้ามาเกี่ยวข้องพร้อมให้เหตุผลประกอบ

1.3 การนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำรงชีวิต

1.4 การที่เรามีความรู้เกี่ยวกับการเกิดงานทางฟิสิกส์กับการดำรงชีวิตของนักเรียนและสังคม

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ดังประเด็นต่อไปนี้

2.1 งานทางฟิสิกส์คืออะไร

2.2 ความแตกต่างระหว่างงานทางฟิสิกส์และงานในชีวิตประวัน

2.3 หน่วยของงานในทางฟิสิกส์คืออะไร

2.4 สมการในการคำนวณหางาน

3. ครูแจกใบสรุปความรู้เรื่องการเกิดงานทางฟิสิกส์

สื่อการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

1. ภาพต่างๆ ได้แก่ ภาพผู้หญิงแบกของเดินตามพื้นระดับ,ภาพนักกีฬายกน้ำหนัก,ภาพคนเข็นของขึ้นพื้นเอียง,ภาพผู้ชายยกกระสอบปูนเดิน,ภาพผู้ชายกำลังยกกล่องขึ้นวางบนชั้นวางของ, และภาพเด็กยกกล่องแล้วเดินในแนวราบ
2. เครื่องชั่งสปริง
3. ถุงทราย
4. เครื่องชั่งสปริง
5. เชือก
6. เทปใส

แหล่งเรียนรู้

1. แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในห้องสมุด เช่น หนังสือเรียน เอกสาร วารสาร คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
2. http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/77/energy.htm
3. http://www.rmutphysics.com/charud/onlinelearning/chula/3-work-energy/index.htm

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินมโนทัศน์เรื่องงานโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงาน
2. ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายโดยใช้แบบสังเกต
3. ประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินการสร้างคำอธิบายแบบรูบริคสกอร์

ใบกิจกรรมที่1

เรื่อง กิจกรรมต่าง ๆของมนุษย์

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนระบุว่ารูปใดบ้างต่อไปนี้ที่มีการทำงานเพราะเหตุใด ตามความหมายที่นักเรียนเข้าใจ

รูปที่ 1

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 2

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 3

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 4

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 5

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 6

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 7

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 8

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

ใบกิจกรรมการทดลองเรื่อง แรงกับการเกิดงานของวัตถุ

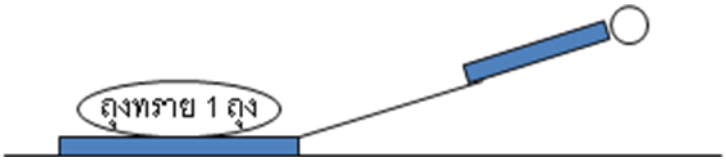
<u>จุดประสงค์การทดลองตอนที่ 1</u> เพื่อศึกษาปัจจัยของแรงที่ทำให้เกิดงานกับวัตถุ

<u>อุปกรณ์</u> 1. แผ่นกระดานไม้ 1 แผ่น/กลุ่ม

2. ถุงทราย 3 ถุง/กลุ่ม

3. เครื่องชั่งสปริง 1 ชุด/กลุ่ม

4. ไม้เมตร



<u>วิธีทำ</u> 1. ให้นักเรียนจัดอุปกรณ์ดังรูป

2. ใช้เครื่องชั่งสปริงลากถุงทราย

1 ถุง ไปบน พื้นราบระยะทาง 1 เมตร บันทึกค่าแรงที่ได้

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เพิ่มถุงทรายเป็น 2 และ 3 ถุงตามลำดับ

4. บันทึกผลการทดลอง

5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลคูณกับค่าแรง

<u>วิเคราะห์การทดลอง</u>

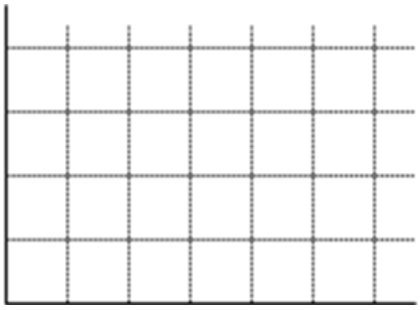
1. ตัวแปรต้น คือ .....

2. ตัวแปรตาม คือ .....

3. ตัวแปรควบคุม คือ .....

<u>ตารางบันทึกผลการทดลอง</u>

ถุงทราย	แรง(N)	ระยะทาง (m)	แรงคูณระยะทาง (N.m)
1 2 3			



กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับงานที่ได้

<u>คำถาม</u>

1. จำนวนถุงทรายที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับขนาดแรงที่ลากอย่างไร-

.....

2. ขนาดแรงมีความสัมพันธ์กับผลคูณของแรงกับระยะทางอย่างไร

.....

3. นักเรียนสรุปผลการทดลองได้ว่าอย่างไร

.....

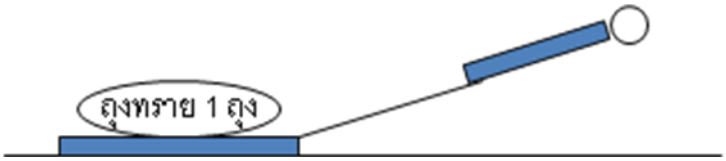
<u>จุดประสงค์การทดลองตอนที่ 2</u> เพื่อศึกษาปัจจัยของระยะทางที่ทำให้เกิดงานกับวัตถุ

<u>อุปกรณ์</u> 1. แผ่นกระดานไม้ 1 แผ่น/กลุ่ม

2. ถุงทราย 1 ถุง/กลุ่ม

3. เครื่องชั่งสปริง 1 ชุด/กลุ่ม

4. ไม้เมตร



<u>วิธีทำ</u> 1. ให้นักเรียนจัดอุปกรณ์ดังรูป

2. ลากถุงทรายที่ระยะ 1 เมตร

บันทึกผลค่าแรง และคำนวณหาผลคูณของระยะทางกับแรง

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1- 2 แต่ลากถุงทรายที่ระยะ 2 และ 3 เมตรตามลำดับ

4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลคูณกับระยะทาง

<u>วิเคราะห์การทดลอง</u>

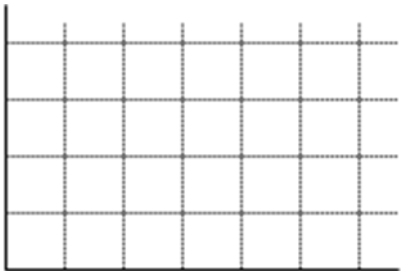
1. ตัวแปรต้น คือ .....

2. ตัวแปรตาม คือ .....

3. ตัวแปรควบคุม คือ .....

<u>ตารางบันทึกผลการทดลอง</u>

ระยะทาง(m)	แรง(N)	แรงคูณระยะทาง(N.m)
1		
2		
3		



กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะทางกับงาน

<u>คำถาม</u>

1. ระยะทางมีผลต่องานที่ได้อย่างไร-

.....

2. เส้นกราฟตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

3. จากการทดลองทั้ง 2 ตอน ปริมาณงานขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง

.....

4. นักเรียนสรุปผลการทดลองได้ว่าอย่างไร

.....

แบบบันทึกการออกแบบการทดลอง

เรื่อง.....

การทดลอง เรื่อง

.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

วัสดุ-

.....

.....

สถานที่ทดลอง

.....

วันที่ทดลอง

.....

วิธีทำการทดลอง

.....

.....

.....

.....

การวิเคราะห์การทดลอง

1. ตัวแปรต้น คือ

.....

2. ตัวแปรตาม คือ

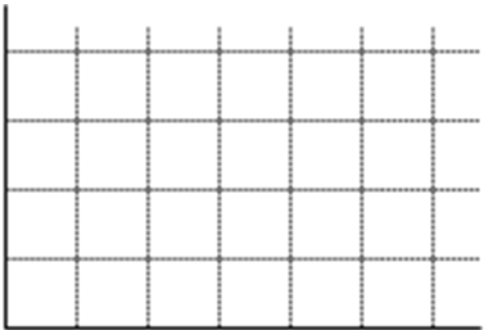
.....

3. ตัวแปรควบคุม คือ

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ.



ปัญหาและอุปสรรคจากการทดลอง

.....

.....

.....

ประโยชน์ที่นำไปใช้

.....

.....

ความรู้ที่ค้นคว้าเพิ่มเติม

.....

แหล่งความรู้ที่ค้นคว้า

รายชื่อสมาชิก

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. เครื่องชั่งสปริงดึงถุงทรายให้เคลื่อนที่ไปในแนวระดับ เกิดงานหรือไม่

.....

2. เครื่องชั่งสปริงดึงขาโต๊ะไม่เคลื่อนที่ เกิดงานหรือไม่

.....

3. เครื่องชั่งสปริงดึงถุงทรายขึ้นในแนวดิ่ง เกิดงานหรือไม่

.....

4. เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวถุงทรายแล้วหย่อนลงในแนวดิ่ง เกิดงานหรือไม่

.....

5. เมื่อนักเรียนใช้เชือกผูกถุงทรายหรือใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวถุงทรายแล้วค่อยๆ หย่อนลง แล้วให้อธิบายว่าเกิดงานหรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

6. แรงดึงดูดของโลกมีทิศลงและถุงทรายเคลื่อนที่ลง งานที่ได้จะเป็นอย่างไร

.....

.....

7. กรณีที่มือหิ้วถุงทรายแล้วค่อย ๆ หย่อนลง เราต้องออกแรงต้านแรงดึงดูดของโลก แรงที่หิ้งถุงทรายมีทิศสวนทางกับการเคลื่อนที่ งานที่ได้จะเป็นอย่างไร

.....

8. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับการเกิดงานในวิชาฟิสิกส์ได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

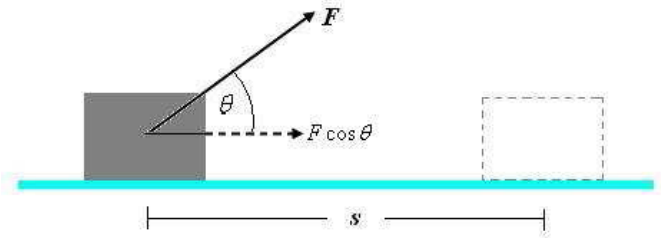
9. จากการทำกิจกรรมสรุปมโนทัศน์เรื่องงานได้ว่าอย่างไร

.....

ใบสรุปความรู้ เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์

งาน เกิดขึ้นต่อเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุและมีการเคลื่อนที่ของวัตถุไปในทิศทางเดียวกับทิศแรง กระทำเท่านั้น ถ้าวัตถุยังอยู่ที่เดิม แม้จะมีแรงกระทำมากน้อยเพียงไรถือว่าแรงนั้นไม่ได้ทำให้เกิดงานขึ้น

งานทางฟิสิกส์ หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้นแต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่ แรงที่มากระทำนั้นไม่ทำให้เกิดงาน



$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

งาน = แรง x ระยะทางตามแนวแรง

เมื่อ W = งาน (นิวตัน *เมตร, จูล)

$\vec{F}$ = ขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$\vec{S}$ = ขนาดของการกระจัด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

θ = มุมระหว่าง $\vec{F}$ ทำกับ $\vec{S}$

งานมีหน่วยเป็นจูล เขียนแทนด้วย J

1 จูล เป็นงานที่ทำโดยแรง 1 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ 1 เมตร ในทิศเดียวกับแรง

งาน แบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ได้งานหรืองานเป็นบวก แสดงว่า $\vec{F}$ และ $\vec{S}$ ไปในทิศเดียวกันหรือองค์ประกอบของ $\vec{F}$ ไปในทิศเดียวกับ $\vec{S}$

2. เสียงานหรืองานเป็นลบ แสดงว่า $\vec{F}$ และ $\vec{S}$ ไปในทิศตรงข้าม หรือองค์ประกอบของ $\vec{F}$ ไปในทิศตรงข้ามกับ $\vec{S}$

3. งานเป็นศูนย์ เมื่อ $\vec{F}$ และ $\vec{S}$ ตั้งฉากกันหรือ $\theta = 90^\circ$ ซึ่งจะก่อให้เกิดการหมุนหรือพยายามจะหมุน

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบปกติ

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์ วิชา ฟิสิกส์ (เพิ่มเติม)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 100 นาที (2 คาบเรียน)

ผู้สอน นางสาวอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้นี้แล้ว นักเรียนสามารถ

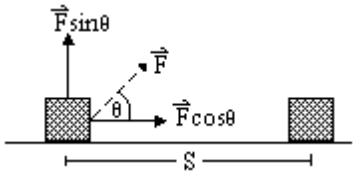
1. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้
2. สังเกตและบันทึกผลของการทำกิจกรรมได้
3. สำรวจ ตรวจสอบประเภทและลักษณะของงานที่พบในชีวิตประจำวันพร้อมทั้งนำเสนอในรูปแบบต่างๆได้
4. ทดลองและอธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดงาน
5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\vec{F}$ และ $\vec{S}$ จากข้อมูลที่กำหนดให้และคำนวณหางานจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง $\vec{F}$ และ $\vec{S}$
6. บอกความหมายของงานในวิชาฟิสิกส์ได้
7. อธิบายการเกิดงานในวิชาฟิสิกส์ได้

สาระการเรียนรู้

งาน (Work)

ความหมาย

งาน คือ ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง มีหน่วยเป็นจูล (J) หรือ นิวตัน-เมตร (N-m) เป็นปริมาณสเกลาร์



$$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$$

เมื่อ $\vec{F}$ = ขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$\vec{S}$ = ขนาดของการกระจัด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

θ = มุมระหว่าง $\vec{F}$ ทำกับ $\vec{S}$

การเกิดงานทางฟิสิกส์

1. แรงกับการกระจัดอยู่ในแนวเดียวกัน

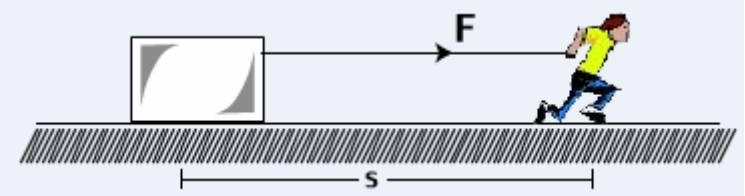
$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

2. แรงกับการกระจัดไม่อยู่ในแนวเดียวกัน

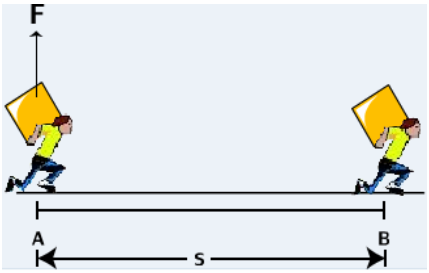
$W = \vec{F}cos\theta \cdot \vec{S}$

$W = FScos\theta$

ถ้า $\theta = 0°$ $\vec{F}$ และ $\vec{S}$ อยู่ในแนวเดียวกัน $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$ เกิดงาน



ถ้า $\theta = 90°$ $\vec{F}$ ตั้งฉากกัน $\vec{S}$ ไม่เกิดงาน



3. งานที่เป็นบวก คือ งานที่เกิดจากแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่(แรงฉุด) ได้แก่ งานที่เราทำให้กับวัตถุ

4. งานที่เป็นลบ คือ งานที่เกิดจากแรงต้านมาทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ได้แก่ งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน โดยใช้คำถาม

1.1 นักเรียนคิดว่าการทำงานในชีวิตประจำวันกับการทำงานในวิชาฟิสิกส์เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

1.2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างงานต่างๆในชีวิตประจำวันที่รู้จัก

1.3 ใครทราบบ้างว่า งานทางฟิสิกส์หมายถึงอะไร

1.4 ให้ยกตัวอย่างงานใดๆ ในทางฟิสิกส์

1.5 งานนั้นมีความสำคัญต่อชีวิตเราอย่างไรบ้าง

2. ครูให้ตัวแทนกลุ่ม 1 คน ออกแรงผลักผนังห้อง ให้สมาชิกในกลุ่มสังเกตการเคลื่อนที่ของ ผนังห้องและทิศทางการออกแรงแล้วอภิปรายร่วมกันและสรุปผล

3. เขียนภาพจาลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่และทิศทางการออกแรง

4. ครูให้นักเรียนทบทวนประสบการณ์เดิมตามคำถามข้างต้นโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ กลวิธี Think pair share

5. ครูถามนักเรียนในสิ่งที่นักเรียนต้องการทราบเพื่อเชื่อมโยงไปสู่เรื่องการเกิดงานทางฟิสิกส์ แนวคำถามสู่การอภิปรายและสรุปผล

1) นักเรียนได้ออกแรงผลักผนังห้องหรือไม่

2) ผนังห้องมีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนตาแหน่งหรือไม่

3) จากการทากิจกรรมดังกล่าวนักเรียนคิดว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

ขั้นกิจกรรม (60 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนทั้งหมด 5 กลุ่มๆละ 5 คน โดยจัดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคละกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย
2. ครูเตรียมภาพให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตจำนวน 4 ภาพโดยเน้นให้นักเรียนภายในกลุ่มสังเกตการออกแรงแต่ละกิจกรรมและบันทึกผลการสังเกตลงในสมุดดังนี้

   ภาพที่ 1 ภาพผู้ชายแบกของดินตามพื้นระดับเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ไม่ได้งานในวิชาฟิสิกส์

   ภาพที่ 2 ภาพนักปั่นจักรยานเข็นจักรยานขึ้นพื้นเอียงเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ได้งานในวิชาฟิสิกส์

   ภาพที่ 3 ภาพผู้ชายกำลังเล่นสกีเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ได้งานในวิชาฟิสิกส์

   ภาพที่ 4 ภาพเด็กยกกล่องแล้วเดินในแนวราบได้ระยะทาง 2 เมตรเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ได้งานในวิชาฟิสิกส์
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ส่งตัวแทนออกมาหน้าชั้นเพื่อเขียนผลการอภิปรายหน้าชั้น

4. ครูตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนโดยให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องกิจกรรมต่างๆของมนุษย์และใบกิจกรรมที่ 2 การเกิดงานทางฟิสิกส์

5. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่องแรงกับการเกิดงานของวัตถุ โดยดำเนินการทำกิจกรรมตามใบกิจกรรม

6. ครูให้นักแทนนักเรียนรายงานผลการทำกิจกรรมหน้าชั้น

7. ครูให้นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลอง

ขั้นสรุป (30 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดงาน ความหมายของงาน งานเป็นบวก งานเป็นลบ และงานเป็นศูนย์

2. ครูตั้งคำถามว่า " นอกจากแรงและระยะทางแล้วยังมีปัจจัยอื่นใดอีกที่ทำให้เกิดงาน"(ผิวสัมผัส แนวแรงกระทำ แนวการเคลื่อนที่)

3. ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์หากำลังงานในทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

4. ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นดังนี้คือ

    1) การถ่อเรือทำให้ได้งานในวิชาฟิสิกส์หรือไม่เพราะเหตุใด
    2) ช้างลากซุงทำให้ได้งานในวิชาฟิสิกส์หรือไม่เพราะเหตุใด
    3) การเข็นรถทำให้ได้งานในวิชาฟิสิกส์หรือไม่เพราะเหตุใด

5. นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือแบบเรียน

สื่อการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

1. ภาพต่างๆ ได้แก่ ภาพผู้หญิงแบกของเดินตามพื้นระดับ,ภาพนักกีฬายกน้ำหนัก,ภาพคนเข็นของขึ้นพื้นเอียง,ภาพผู้ชายยกกระสอบปูนเดิน,ภาพผู้ชายกำลังยกกล่องขึ้นวางบนชั้นวางของ, และภาพเด็กยกกล่องแล้วเดินในแนวราบ
2. เครื่องชั่งสปริง
3. ถุงทราย
4. เครื่องชั่งสปริง
5. เชือก
6. เทปใส

แหล่งเรียนรู้

1. แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในห้องสมุด เช่น หนังสือเรียน เอกสาร วารสาร คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
2. http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/77/energy.htm
3. http://www.rmutphysics.com/charud/onlinelearning/chula/3-work-energy/index.htm

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินมโนทัศน์เรื่องการเกิดงานทางฟิสิกส์จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงาน
2. ประเมินการสำรวจ ทดลอง จากแบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการแบบรูบริคสกอร์
3. สังเกตจากการอภิปราย และแสดงความคิดเห็นของนักเรียน

ใบกิจกรรมที่1

เรื่อง กิจกรรมต่าง ๆของมนุษย์

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนระบุว่ารูปใดบ้างต่อไปนี้ที่มีการทำงานเพราะเหตุใด

รูปที่ 1

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 2

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 3

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 4

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 5

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 6

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 7

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

รูปที่ 8

☐ เกิดงาน☐ ไม่เกิดงาน เพราะ.....

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ .....ที่ทำการทดลอง

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่.....ชั้น.....

1…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

2…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

3…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

4…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

ผลการสังเกต

……..

……..

……..

ภาพจำลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่และทิศทางการออกแรง

แนวคาถามสู่การอภิปรายและสรุปผล

1.นักเรียนได้ออกแรงผลักผนังห้องหรือไม่

……

2.ผนังห้องมีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนตาแหน่งหรือไม่

……

3.จากการทากิจกรรมดังกล่าวนักเรียนคิดว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

……

สรุปผลการทดลอง

……

……

……

ใบกิจกรรม

เรื่อง แรงและการเกิดงานของวัตถุ

ตอนที่ 1

<u>จุดประสงค์การทดลองตอนที่ 1</u> เพื่อศึกษาปัจจัยของแรงที่ทำให้เกิดงานกับวัตถุ

อุปกรณ์/กลุ่ม 1. เครื่องชั่งสปริง จานวน 1 เครื่อง

2. ถุงทราย ขนาด 500 กรัม จานวน 1 ถุง

3. ไม้บรรทัด จานวน 1 อัน

วิธีทำการทดลอง

1. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวถุงทราย 500 กรัม ลากในแนวขนานกับพื้นโต๊ะระยะทาง 30 เซนติเมตร อ่านค่าแรงที่ใช้ลากจากเครื่องชั่งสปริง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ บันทึกผลตามแบบบันทึกผล

2. อภิปรายร่วมกันแล้วเขียนภาพจาลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่และทิศทาง การออกแรง

แนวคาถามสู่การอภิปรายและสรุปผล

1. นักเรียนออกแรงกี่นิวตันในการลากถุงทรายให้เคลื่อนที่ 30 เซนติเมตร
2. ทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของถุงทราย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
3. จากการทดลอง มีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง แรงและการเกิดงานของวัตถุ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... ที่ทำการทดลอง

กลุ่มที่.....ชั้น..... สมาชิกในกลุ่ม

1…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

2…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

3…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

4…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

5…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

ผลการสังเกต

……

……

……

ภาพจำลองแสดงทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่

แนวคำถามสู่การอภิปรายและสรุป

1. นักเรียนออกแรงกี่นิวตันในการลากถุงทรายให้เคลื่อนที่ 30 เซนติเมตร

……

2. ทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของถุงทราย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

……

3. จากการทดลอง มีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

……

4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

……

ใบกิจกรรม

เรื่อง แรงและการเกิดงานของวัตถุ

ตตอนที่ 2

<u>จุดประสงค์การทดลองตอนที่</u> <u>2</u> เพื่อศึกษาปัจจัยของระยะทางที่ทำให้เกิดงานกับวัตถุ

อุปกรณ์/ กลุ่ม 1. เครื่องชั่งสปริง จานวน 1 เครื่อง

2. ถุงทราย ขนาด 500 กรัม จานวน 1 ถุง

3. ไม้บรรทัด จานวน 1 อัน

วิธีทำการทดลอง

1. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวถุงทราย 500 กรัม ลากในแนวขนานกับพื้นโต๊ะระยะทาง 30 เซนติเมตร อ่านค่าแรงที่ใช้ลากจากเครื่องชั่งสปริง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ บันทึกผลตามแบบบันทึกผล

2. อภิปรายร่วมกันแล้วเขียนภาพจาลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่และทิศทาง การออกแรง

แนวคำถามสู่การอภิปรายและสรุปผล

1. นักเรียนออกแรงกี่นิวตันในการลากถุงทรายให้เคลื่อนที่ 30 เซนติเมตร
2. ทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของถุงทราย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
3. จากการทดลอง มีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง แรงและการเกิดงานของวัตถุ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... ที่ทำการทดลอง

กลุ่มที่.....ชั้น..... สมาชิกในกลุ่ม

1…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

2…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

3…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

4…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

5…….....หน้าที่ในกลุ่ม.....

ผลการสังเกต

……

……

……

ภาพจำลองแสดงทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่

แนวคำถามสู่การอภิปรายและสรุป

1. นักเรียนออกแรงกี่นิวตันในการลากถุงทรายให้เคลื่อนที่ 30 เซนติเมตร

……

2. ทิศทางการออกแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของถุงทราย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

……

3. จากการทดลอง มีงานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

……

4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

……

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่
    1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบาย
    2) แบบประเมินคำอธิบาย
2. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

รายการประเมิน	**ค่า** IOC	**ความหมาย**
การวิเคราะห์คำถามหรือการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
การวางแผนและออกแบบการทดลอง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
การจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
การระบุข้อสรุปจากข้อมูล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 20 ขนาดของความสัมพันธ์ (r) การให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

ลำดับที่	**ขนาดของความสัมพันธ์** (r)
1	0.75

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง ข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อคำถาม	ค่า IOC	ความหมาย
1. ทฤษฎีบทงานและพลังงาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.พลังงานกลและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.กฎสากลการอนุรักษ์พลังงาน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 22 ค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าระดับความยาก(P)	ค่าอำนาจการจำแนก (r)
1	0.53	0.45
2	0.54	0.47
3	0.50	0.23

ตารางที่ 23 ค่าความเที่ยงของแบบสอบ

ลำดับที่	สัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค
1	0.95

ตารางที่ 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 25 ขนาดของความสัมพันธ์ (r) การให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	ขนาดของความสัมพันธ์ (r)
1	0.83

ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

ข้อที่	จุดประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	ความเข้าใจความหมายของงานทางฟิสิกส์	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความเข้าใจความหมายของงานทางฟิสิกส์	1	วัดได้สอดคล้อง
3	ความเข้าใจความหมายการไม่เกิดงานทางฟิสิกส์	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การนำความรู้เรื่องความหมายการเกิดงานทางฟิสิกส์ไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	การนำความรู้เรื่องความหมายการเกิดงานทางฟิสิกส์ไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6	ความเข้าใจเรื่องความหมายของกำลัง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	ความรู้ความจำเรื่องความหมายของกำลัง	1	วัดได้สอดคล้อง
8	ความรู้ความจำเรื่องความหมายของพลังงานงานจลน์	1	วัดได้สอดคล้อง
9	ความเข้าใจเรื่องความหมายพลังงานงานจลน์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	การนำความรู้เรื่องความหมายของพลังงานจลน์ไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
11	ความเข้าใจเรื่องความหมายพลังงานศักย์โน้มถ่วง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
12	ความเข้าใจเรื่องแนวคิดสำคัญเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
13	การนำความรู้เรื่องความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
14	ความเข้าใจเรื่องความหมายของพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	0.67	วัดได้สอดคล้อง
15	ความเข้าใจความหมายของพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	0.67	วัดได้สอดคล้อง
16	ความเข้าใจความหมายของพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	1	วัดได้สอดคล้อง
17	ความเข้าใจความหมายของพลังงานกล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
18	ความเข้าใจแนวคิดสำคัญของพลังงานกล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
19	การนำความรู้เรื่องความหมายของพลังงานกลไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
20	ความเข้าใจเรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
21	การนำความรู้เรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกลไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
22	การนำความรู้เรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกลไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
23	ความเข้าใจเรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกล	1	วัดได้สอดคล้อง
24	ความเข้าใจเรื่องกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
25	ความเข้าใจเรื่องกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	1	วัดได้สอดคล้อง
26	การนำความรู้เรื่องกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงานไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
27	ความเข้าใจเรื่องเครื่องกล	1	วัดได้สอดคล้อง
28	ความเข้าใจเรื่องเครื่องกล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
29	ความเข้าใจเรื่องกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	1	วัดได้สอดคล้อง
30	ความเข้าใจเรื่องกฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 27 ค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน

ข้อที่	ค่าระดับความยาก(P)	ค่าอำนาจการจำแนก (r)
1	0.49	0.44
2	0.38	0.55
3	0.36	0.78
4	0.56	0.69
5	0.38	0.40
6	0.59	0.44
7	0.59	0.44
8	0.56	0.40
9	0.38	0.78
10	0.69	0.44
11	0.54	0.44
12	0.5	0.44
13	0.56	0.78
14	0.69	0.44
15	0.56	0.33
16	0.38	0.38
17	0.69	0.38
18	0.54	0.35
19	0.56	0.83
20	0.38	0.58
21	0.46	0.85
22	0.38	0.36
23	0.56	0.40
24	0.41	0.71
25	0.41	0.44
26	0.51	0.44
27	0.59	0.83
28	0.62	0.69
29	0.49	0.58
30	0.44	0.83

ตารางที่ 28 ค่าความเที่ยงของแบบสอบ

ลำดับที่	ความเที่ยง
1	0.85

ภาคผนวก จ
ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน

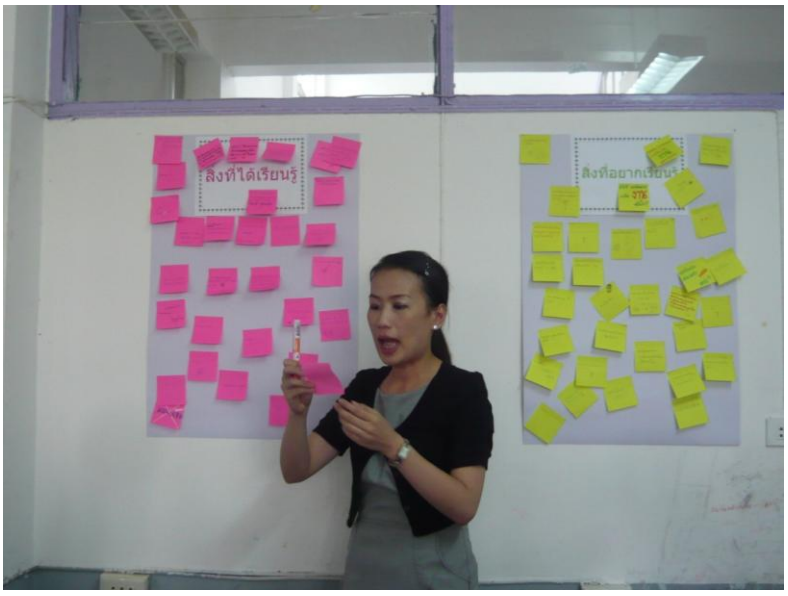
กลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 5

กลุ่มที่ 1

A
B


สิ่งที่ได้เรียนรู้
สิ่งที่อยากเรียนรู้

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนา จังหวัดพังงา เป็นนักเรียนทุนโครงการสควค.รุ่นที่ 10 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกฟิสิกส์ ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2548 ศึกษาต่อระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครูมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร ครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2552