ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จุไรรัตน์ สอนสีดา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กันยายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ จุไรรัตน์ สอนสีดา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

.....กรรมการ

(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่ 25 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ประธานสอบวิทยานิพนธ์และกรรมสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเกียรติ คุณแม่อุไร สอนสีดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

จุไรรัตน์ สอนสีดา

57910032: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น/ กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา/ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์/ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา/ เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

จุไรรัตน์ สอนสีดา: ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (THE EFFECTS OF 7E LEARNING CYCLE WITH POLYA'S PROBLEM SOLVING TECHNIQUES ON SCIENTIFIC CONCEPTS, PROBLEM SOLVING ABILITIES, AND ATTITUDE TOWARDS PHYSICS OF ELEVENTH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด., เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด. 256 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 32 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา 2) แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และ 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ และการทดสอบแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว

ผลการวิจัย พบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

57910032: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: 7E LEARNING CYCLE/ POLYA'S PROBLEM SOLVING TECHNIQUES/ SCIENTIFIC CONCEPTS/ PROBLEM SOLVING ABILITIES/ ATTITUDE TOWARDS PHYSICS

CHURAIRAT SONSRIDA: THE EFFECTS OF 7E LEARNING CYCLE WITH POLYA'S PROBLEM SOLVING TECHNIQUES ON SCIENTIFIC CONCEPTS, PROBLEM SOLVING ABILITIES, AND ATTITUDE TOWARDS PHYSICS OF ELEVENTH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D., CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 256 P. 2017.

The purposes of this research were to compare scientific concepts, problem solving abilities, and attitude towards physics of eleventh grade students after using 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques with before using that and to compare scientific concepts of eleventh grade students after using 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques with the 70 percent criteria. The participants were 32 eleventh grade students who studied in the second semester of 2016 academic year from Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University using cluster random sampling. The research instruments were 1) 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques lesson plans, 2) scientific concepts test, 3) problem solving abilities test, and 4) attitude towards physics scale. The data were analyzed using mean, standard deviation, paired sample t-test, and one sample t-test.

The results were summarized as follows: 1) the posttest scores of scientific concepts, problem solving abilities, and attitude towards physics of eleventh grade students after learning with the 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques were statistically significant better than the pretest scores .05 level. 2) the posttest scores of scientific concepts of eleventh grade students after learning with the 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques were statistically significant better than the requirement criteria at .05 level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

สมมติฐานของการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 6

ขอบเขตของการวิจัย..... 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 7

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 11

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... 19

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา..... 35

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับ
กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา..... 46

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 48

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา..... 60

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์..... 72

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่
3 วิธีการดำเนินการวิจัย 89
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 89
รูปแบบการวิจัย 90
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 90
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 90
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 107
การวิเคราะห์ข้อมูล 108
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 109
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 113
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 113
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 114
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 114
5 สรุป และอภิปรายผล 118
สรุปผลการวิจัย 119
อภิปรายผลการวิจัย 119
ข้อเสนอแนะ 126
บรรณานุกรม 128
ภาคผนวก 136
ภาคผนวก ก 137
ภาคผนวก ข 142
ภาคผนวก ค 194
ประวัติย่อของผู้วิจัย 256

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ 15

2-2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น 28

3-1 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) 90

3-2 การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา 91

3-3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา 94

3-4 การวิเคราะห์แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 97

3-5 การวิเคราะห์แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 102

3-6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา 103

3-7 การวิเคราะห์แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ 106

4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน 114

4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) 115

4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน 116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน 117

ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง 143

ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง 145

ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เกรตติง 147

ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การกระเจิงของแสง 149

ข-5 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง 151

ข-6 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง 152

ข-7 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เกรตติง 153

ข-8 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การกระเจิงของแสง 154

ข-9 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ 155

ข-10 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 158

ข-11 การปรับแก้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชา 160

ข-12 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 30 ข้อ 162

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-13 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ 163

ข-14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 165

ข-15 การปรับแก้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ 166

ข-16 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 10 ข้อ 167

ข-17 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 5 ข้อ 167

ข-18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในด้านต่าง ๆ 169

ข-19 การปรับแก้แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ 170

ข-20 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จำนวน 30 ข้อ 171

ข-21 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ 172

ข-22 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 80 คะแนน) 174

ข-23 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 175

ข-24 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนนจากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) 176

ข-25 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 40 คะแนน) 177

ข-26 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 178

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-27 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นทำความเข้าใจปัญหา และขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน 179

ข-28 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน 181

ข-29 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นทำความเข้าใจปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 183

ข-30 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 184

ข-31 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 185

ข-32 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นตรวจสอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 186

ข-33 คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ได้จากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) 187

ข-34 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 188

ข-35 คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของเจตคติที่ได้จากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 189

ข-36 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 191

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-37 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านพฤติกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 192

ข-38 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 193

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 8

2-1 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ของ BSCS..... 24

2-2 การปรับขยายรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น..... 26

2-3 วัฏจักรการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา..... 36

2-4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา..... 48

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาพแวดล้อมรอบตัวเรามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทสำคัญยิ่งในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545, หน้า 1-2) ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงนั้นทำให้คนในสังคมต้องเผชิญปัญหาต่าง ๆ อย่างมากมาย ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยคนในสังคมที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยการวางรากฐานทางการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาคนในสังคมให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นและยังสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่เพียงแต่ทำให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551 ก, หน้า 92)

การพัฒนานักเรียนให้มีศักยภาพและความสามารถตามคุณสมบัติที่พึงประสงค์นั้น ต้องมีการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนให้มีคุณภาพเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้พัฒนาชีวิตของตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้กำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ไว้ใน มาตรา 22 โดยระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด โดยกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติเต็มตามศักยภาพ และในมาตรา 24 ได้ระบุแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้ว่าต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัด ความแตกต่างของนักเรียน ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545, หน้า 13-14) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง

ความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย อีกทั้งยังให้นักเรียนมีส่วนในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงที่หลากหลายและเหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551 ก, หน้า 1) ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในยุคนี้ต้องถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด และต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาได้ตามธรรมชาติเต็มตามศักยภาพ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้นั้นมากที่สุด

ในบรรดาวิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์เป็นวิชาที่สำคัญสาขาหนึ่ง ที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและสามารถค้นคว้าหาข้อเท็จจริงได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งความรู้ทางด้านฟิสิกส์นั้นเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลาย ๆ ด้าน อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของการนำไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น วิศวกรรม สถาปัตยกรรม เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีความรู้พื้นฐานวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จากการมีข้อกำหนดว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ประสงค์จะสอบแข่งขันเข้าเรียนต่อระดับอุดมศึกษาในหลาย ๆ สาขาวิชาจะต้องผ่านการคัดเลือกวิชานี้ แต่วิชานี้เป็นวิชาที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยประสบความสำเร็จในการเรียนมากนัก จึงนับได้ว่าเป็นปัญหาที่ผู้เกี่ยวข้องจำเป็นต้องพิจารณาหาทางแก้ไขอย่างเร่งด่วน (สมนึก บุญไสว, 2534, หน้า 19-21) ซึ่งสอดคล้องกับผลการจัดสอบ 9 วิชาสามัญ ที่จัดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ย้อนหลัง 3 ปี ในปีการศึกษา 2557-2559 พบว่าคะแนนในวิชาฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 28.29, 26.73 และ 22.90 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) ซึ่งพบว่าคะแนนยังต่ำกว่าร้อยละ 50 และคะแนนมีแนวโน้มลดน้อยลงทุกปี แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์

ผลการประเมินคุณภาพด้านการศึกษาของนักเรียนในระดับชาติสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพทางด้านการศึกษาที่ยังไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงปัญหาในด้านการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ไม่สามารถพัฒนานักเรียนให้บรรลุเป้าหมายได้ เมื่อพิจารณาพบว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์อย่างแท้จริง การทำข้อสอบอาศัยวิธีการท่องจำสูตรและตัวอย่างโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี แต่กลับมีคะแนนผลการทดสอบในระดับชาติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งยังส่งผลต่อพื้นฐานความรู้ในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ซึ่งเมื่อนักเรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551, หน้า 19-21) และเมื่อสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนและนักเรียน รวมทั้งการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ทั้งนี้

เนื่องมาจากมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และกระบวนการในการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ ทำให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์มโนทัศน์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ซึ่งปัจจุบันการสอนฟิสิกส์มักจะมุ่งเน้นให้นักเรียนจดจำสมการและนำไปใช้ จึงทำให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ (สุระ วุฒิพรหม, 2547, หน้า 20) อีกทั้งลักษณะเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์ที่เป็นนามธรรม ขาดความน่าสนใจ รวมถึงกระบวนการเรียนการสอนไม่น่าสนใจ (ศุภชัย ทวี, 2548, หน้า 16) เมื่อนักเรียนขาดมโนทัศน์พื้นฐานและขาดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ทำให้เกิดเป็นเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ (สุนีย์ เงินยวง, 2546, หน้า 34) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องแสวงหาวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพของการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้สูงขึ้น

การพัฒนานักเรียนให้เกิดมโนทัศน์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ นั้นมีหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น แต่วิธีที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและความสามารถนักเรียน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ที่ได้รับการพัฒนาโดย ไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft, 2003, pp. 57-59) เป็นการกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทางด้านความคิด การลงมือแก้ปัญหา และการค้นคว้าหาความรู้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และยังส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ และจัดสถานการณ์การเรียนรู้ให้เร้าความสนใจของนักเรียน ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมของตนเอง และยังทำให้ครูได้ทราบถึงพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน ถ้าหากนักเรียนมีมโนทัศน์เดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูผู้สอนต้องทำการแก้ไขโดยการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและตรงกัน ซึ่งเมื่อนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ที่ถูกต้อง จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ในเรื่องต่อไปได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้นักเรียนสนุกที่ได้เรียนรู้ความรู้ใหม่ ๆ จนเกิดเป็นเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์

จากการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิจิตรา ศรีพัดยศ (2558) และ ปาริดา โชติเชย (2558) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อีกทั้งมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูง

กว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และเมื่อศึกษาทางด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (พฤกษ์ โปร่งสำโรง, 2549) อีกทั้งยังพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (ดารณี พุฒจันทร์หอม, 2558; วุฒิชัย จารุภัทรกูล, 2559) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ได้

การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นเป็นทักษะที่นักเรียนควรที่จะต้องเรียนรู้และได้ฝึกฝน ซึ่งครูผู้สอนควรปลูกฝังให้นักเรียนเข้าใจถึงขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง จนเกิดเป็นความรู้ที่คงทน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปได้ โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับและนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา (Polya, 1973) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่มีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาชัดเจน เป็นขั้นเป็นตอน เป็นระบบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและยังเกิดกระบวนการแก้โจทย์อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเมื่อนักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ได้ด้วยตนเอง ยังส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาสูงขึ้นอีกด้วย

จากการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนารัตน์ วัดไสยสง (2544) และ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีความสารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของตนเองให้สูงขึ้นได้

จากการศึกษาสภาพปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

4. เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น

2. เป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์เพื่อนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนทางด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

3. เป็นแนวทางการวิจัยในสาขาวิชาอื่น ๆ และตัวแปรด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนของการเรียนรู้ การคิดวิเคราะห์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 160 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 32 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหาในสาระที่ 5 พลังงาน เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วย 4 เรื่อง ดังนี้

3.1 การแทรกสอดของแสง

3.2 การเลี้ยวเบนของแสง

3.3 เกรตติง

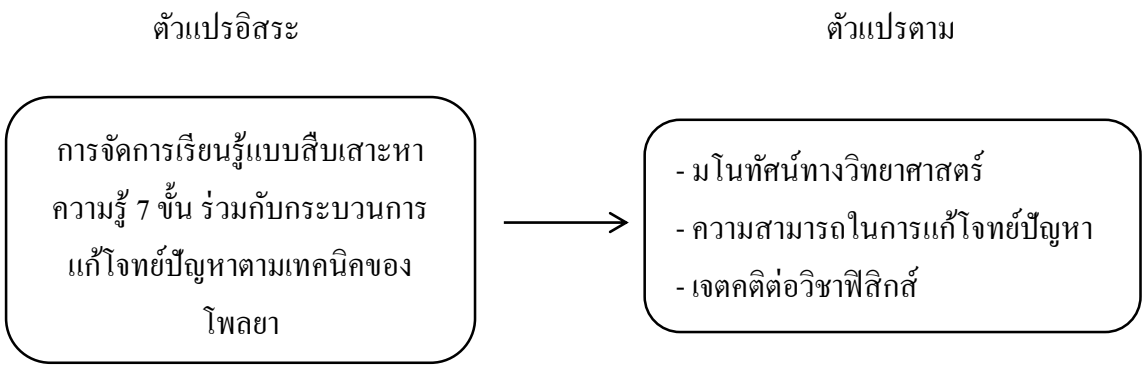
3.4 การกระเจิงของแสง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ที่เป็นการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีขั้นตอนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหามีที่มีความชัดเจน เป็นระบบ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ได้รับการพัฒนาโดย ไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft, 2003) ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาเพื่อนำมาใช้แก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวิชา ฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้พื้นฐานหรือความเข้าใจเดิมออกมาโดยผ่านกระบวนการตอบคำถามที่ครูผู้สอนกำหนดขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการรับความรู้ใหม่ อีกทั้งทำให้ครูผู้สอนทราบถึงพื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งถ้าหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูผู้สอนต้องทำการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

1.2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดความสงสัย และสามารถตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

1.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนหรือแนวทางในการหาคำตอบ สืบค้นหาหลักการและทฤษฎี และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

1.4 ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล และเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการสรุป และอภิปรายผลโดยการอ้างอิงหลักการและทฤษฎีประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล

1.5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมไปฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยมีการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาร่วมด้วย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

1.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด การทำแผนผังมโนทัศน์ เป็นต้น เพื่อประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

1.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสร้างองค์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดและความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยในการเลือกตอบในส่วนที่ 1

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ทักษะกระบวนการในการหาคำตอบให้กับสถานการณ์หรือข้อคำถามที่ประกอบด้วยตัวเลขและข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยในการแก้ปัญหาจะต้องอาศัยกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และประสบการณ์ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งนักเรียนจะต้องอาศัยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาเพื่อดำเนินการหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ โดยวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 5 ข้อ เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ในรูปของโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และให้นักเรียนแสดงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

4. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดที่อยู่ภายในใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ โดยผ่านจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ ซึ่งความรู้สึก ความคิดเห็น ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดเจตคติที่ประกอบด้วยคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ โดยครอบคลุมองค์ประกอบของเจตคติทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

4.1 ด้านความรู้สึก หมายถึง ความสนใจ พอใจ ชื่อชอบต่อสิ่งเร้านั้น ๆ

4.2 ด้านพฤติกรรม หมายถึง การแสดงออกและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้านั้น ๆ

4.3 ด้านความคิด หมายถึง ความคิดเห็น ทัศนคติทั่วไป การเล็งเห็นความสำคัญ และประโยชน์ที่มีต่อสิ่งเร้า

5. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง คะแนนการวัดและประเมินผลที่ได้กำหนดขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อใช้วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา
5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
6. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
7. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาสาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551 ข, หน้า 1-2) โดยได้กำหนดสาระไว้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระบบท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภาพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ในสาระที่ 5 พลังงาน และศึกษาคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

ว 5.1 ม. 4-6/1 ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น

ว 5.1 ม. 4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ม. 4-6/3 อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์และการเสนอวิธีป้องกัน

ว 5.1 ม. 4-6/4 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์และการป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ว 5.1 ม. 4-6/5 อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียน์ ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน

ว 5.1 ม. 4-6/6 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 5.1 ม. 4-6/7 อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ม. 4-6/8 อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี

ว 5.1 ม. 4-6/9 อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสี และบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

คำอธิบายรายวิชา คลื่น เสียง แสง ว 32205 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา)

ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่น ปรากฏการณ์ของคลื่น คุณสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน ศึกษาการเกิดคลื่นน้ำ คลื่นไนเส้นเชือก ธรรมชาติของเสียง สมบัติของเสียง เรโซเนนซ์ของเสียง และเครื่องดนตรี หูและการได้ยินของมนุษย์ ความเข้มของเสียง และมลภาวะของเสียง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทก ศึกษาหลักการพื้นฐานของแสง และปรากฏการณ์คลื่นในเรื่องของแสง สมบัติทางเรขาคณิตของแสง หลักการของทัศนอุปกรณ์ ทฤษฎีการรับรู้สีกของนัยน์ตาคน

ฝึกปฏิบัติการทดลอง การแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการคิดวิเคราะห์ กระบวนการกลุ่ม การอภิปราย อธิบาย การเขียนแผนผังความคิด

วัดและประเมินผลการเรียนรู้จากผลการปฏิบัติการ การทดลอง การเขียนรายงาน

การทดลอง การทำโจทย์ปัญหา การนำเสนอผลงาน และการทดสอบตามผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ปริมาณต่าง ๆ สมการการเคลื่อนที่ คาบ ความถี่ของมวลติดสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

2. อธิบายการเคลื่อนที่ของคลื่น การเกิดคลื่น คุณสมบัติคลื่น คลื่นในเส้นเชือก และปรากฏการณ์คลื่น รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

3. อธิบายธรรมชาติของเสียง สมบัติของเสียง อัตราเร็วของเสียง ความเข้มเสียงและการได้ยิน เสียงดนตรี การเกิดบีตส์และการสั่นพ้องของเสียง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ และคลื่นกระแทก อีกทั้งยังสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

4. อธิบายสมบัติที่แสดงความเป็นคลื่นของแสง เช่น การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว การกระเจิงของแสง รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้สลิตคู่ สลิตเดี่ยว และเกรตติงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

5. อธิบายการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง คุณสมบัติทางเรขาคณิตของแสง ได้แก่ การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง ชนิด ตำแหน่ง และขนาดที่เกิดภาพจากกระจกและเลนส์ รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

6. อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง หลักการของทัศนอุปกรณ์ ตาและการมองเห็นสีได้อย่างถูกต้อง

7. สามารถนำความรู้เรื่อง สมบัติของคลื่น คลื่นเสียง และแสงมาประยุกต์ใช้ในเกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

8. สามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการทดลองและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

9. มีความรับผิดชอบ ความตรงต่อเวลา ความกระตือรือร้น และการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อให้การเรียนการสอนลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2-1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ผลการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้
อธิบายสมบัติที่แสดงความเป็นคลื่นของแสง เช่น การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว การกระเจิงของแสง รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้สลิตคู่ สลิตเดี่ยว และเกรตติง ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ	1. การแทรกสอดของแสง 2. การเลี้ยวเบนของแสง 3. เกรตติง 4. การกระเจิงของแสง

สรุปสาระสำคัญ ดังนี้

การแทรกสอดของแสง เป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่น กล่าวคือ เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (Antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (Node: N) ที่จุด x ใด ๆ มีความสัมพันธ์ที่จะเกิดแถบการแทรกสอดจากสลิตคู่ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันพันธ์ S_1 และ S_2 ที่ห่างกัน d คือ

สำหรับแถบปฏิบัพ

$$|S_1x - S_2x| \ = \ dsin\theta \ = \frac{dx}{L} \ = \ n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

สำหรับแถบบัพ

$$|S_1x - S_2x| \ = \ dsin\theta \ = \frac{dx}{L} \ = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

การเลี้ยวเบนของแสงเป็นการเคลื่อนที่ของแสงไปปรากฏด้านหลังสิ่งกีดขวางได้ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d จะเกิดการแทรกสอด โดยความสัมพันธ์ของการเกิดแถบมืด (แถบบัพ) คือ

$$dsin\theta = \frac{dx}{L} = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \ldots$$

เกรตติง เป็นอุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบด้วยช่องจำนวนมากที่มีขนาดหรือความกว้างของช่องน้อยมากและอยู่ห่างเท่า ๆ กัน ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติของแสง

การกระเจิงของแสง เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่าง ๆ หรือโมเลกุลอากาศแสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยจะกระเจิงได้ดีกว่า ทำให้มีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่า ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากจะกระเจิงได้น้อยกว่า ทำให้มุมการกระเจิงน้อยกว่า

จากการศึกษาตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ในสาระที่ 5 พลังงาน และศึกษาคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยมีสนใจที่จะนำเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ เนื่องจากแสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีความสำคัญต่อชีวิต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขึ้นบนโลก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อสามารถนำพลังงานด้านแสงมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยทฤษฎีและโจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องต้องเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้และแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้ ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ในการคำแนะนำและชี้แนะเพียงเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาทางด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การสอนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูมีหน้าที่รับผิดชอบในการสอนให้นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชา มีทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากที่สุด ให้นักเรียนได้มีโอกาสค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางแล้วให้นักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยการฝึกคิดตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนก็จะเป็นผู้ที่สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ทำให้นักเรียนสามารถปรับตัวอยู่ในสังคมได้ดี ในการสอนที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จนั้น ครูต้องสอนจากประสบการณ์ตรงที่มีข้อเท็จจริงที่สามารถทดลองได้ ไปสู่การสอนสิ่งที่เป็นนามธรรม วิธีสอนหรือกิจกรรมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี แต่ไม่มีข้อมูลยืนยันว่าวิธีสอนหรือกิจกรรมใจที่ดีที่สุด เหมาะสมกับทุก ๆ สถานการณ์ ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรู้ในวิธีการสอนอย่างกว้างขวางเพื่อสามารถใช้ดุลยพินิจในการเลือกวิธีการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน เนื้อหาวิชา ตลอดจนอุปกรณ์การสอนที่มีอยู่ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 122-123)

วิธีสอนวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 122-129) ได้อธิบายวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ซึ่งกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 สร้างสถานการณ์หรือปัญหา

1.2 ตั้งสมมติฐาน

1.3 ออกแบบการทดลอง

1.4 ทดสอบสมมติฐานโดยการทดลอง

1.5 ได้ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

บทบาทหน้าที่ของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ เป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง เป็นผู้จัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่ออำนายความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่ช่วยนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้ต่าง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีสอนที่เหมาะกับวิชาวิทยาศาสตร์ มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโอนความรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติหลักและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจไม่สามารถศึกษาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้น แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. การใช้การจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

2. การสอนแบบค้นพบ (Discovery method) คารินและซันด์ (Carin & Sund, 1975, pp. 97-98 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 157) ได้ให้ความหมายของการค้นพบว่า การค้นพบจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อบุคคลได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมาก กระบวนการที่ใช้ความรู้ความคิดในการค้นพบ เช่น การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การพยากรณ์ การอธิบาย การลงความคิดเห็น เป็นต้น ในการสอนที่เน้นกระบวนการตอบสนองของนักเรียนต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

บทบาทของครูเป็นผู้ช่วยเหลือและเป็นที่ปรึกษาของนักเรียน ทักษะและความชำนาญในการจัดกิจกรรมการสอนของครูเป็นสิ่งที่ช่วยให้การสอนแบบค้นพบประสบความสำเร็จ

3. การสอนแบบสาธิต (Demonstration) เป็นการจัดประสบการณ์โดยการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งหน้าชั้นโดยครู นักเรียนคนใดคนหนึ่งหรือกลุ่มนักเรียนก็ได้ เป็นการทดลองซึ่งให้ผลการทดลองที่ไม่ทราบมาก่อนหรือเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันสิ่งที่ทราบมาแล้ว ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงการทดลอง เทคนิควิธี และกระบวนการต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและกระบวนการไปพร้อม ๆ กัน ในการสอนครูพิจารณาว่าจะสอนแบบสาธิตแบบบอกความรู้ที่ครูพยายามแนะนำบอกความรู้ให้นักเรียนหรือสอนแบบสาธิตแบบการค้นพบที่ครูพยายามให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

4. การสอนแบบทดลอง (Experimental method) เป็นการจัดประสบการณ์ในการทำงานให้นักเรียนตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและสังเกต และขั้นสรุปผลการทดลอง

5. การสอนแบบบรรยาย (Lecture method) แอนเดอร์เซนและคูตนิก (Anderson & Koutnik, 1972, pp. 60-61 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 171) ได้กล่าวถึงการสอนแบบบรรยายว่า เป็นวิธีสอนที่ครูถ่ายทอดความรู้จำนวนมากแก่นักเรียนโดยตรง เป็นวิธีการหนึ่งที่นำเสนอความรู้วิทยาศาสตร์ในลักษณะองค์ความรู้ที่เลือกสรรและจัดลำดับไว้อย่างดี การดำเนินการอาจแบ่งได้เป็น 4 ตอน คือ การกล่าวนำ ตัวเนื้อเรื่อง การสรุปย่อระหว่างนำเสนอ และการสรุปการบรรยาย

6. การสอนแบบอภิปราย (Discussion method) เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาความรู้ในแง่มุมต่าง ๆ ของนักเรียน ซึ่งอาจเป็นการอภิปรายระหว่างนักเรียนด้วยกันหรืออภิปรายระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนทุกคนมีอิสระที่จะแสดงความคิดเห็นของตน ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนั้นก่อน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้นำอภิปราย ต้องไม่สั่งหรือครอบงำความคิดเห็นของนักเรียน การอภิปรายต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เน้นหรือขยายความรู้ที่

ได้เรียนมาแล้วให้กว้างขวางออกไป ดังนั้นการอภิปรายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนต้องคิดแก้ปัญหาหรือหาข้อยุติ การอภิปรายอาจสอดแทรกอยู่ในวิธีการสอนอื่น ๆ ได้ เช่น การสอนแบบบรรยาย การสอนแบบสาธิต การสอนแบบทดลอง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบค้นพบ

7. การสอนแบบพูดถามตอบ (Recitation method) เป็นการสอนที่ใช้คำถามคำตอบ โดยครูเป็นผู้ถามคำถามและนักเรียนเป็นผู้ตอบคำถามตามพื้นฐานความรู้ที่นักเรียนได้อ่านจากหนังสือเรียนหรือหนังสือที่ได้รับมอบหมายให้อ่านหรือสิ่งที่ครูได้นำเสนอในระหว่างการบรรยาย การสาธิตหรือกิจกรรมอื่น ๆ ในการสอนแบบพูดถามตอบนั้น ครูควรอธิบายให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการสอนแบบนี้ว่าเป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ครู ซึ่งครูจะได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการขยายความและอธิบายเพิ่มเติมแก่นักเรียน สิ่งที่สำคัญที่สุดในการสอนแบบพูดถามตอบเพื่อให้ได้ผลดีควรคำนึงถึงชนิดของคำถาม โครงสร้างของคำถาม และขั้นตอนที่จะถามในระหว่างการสอน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า วิธีสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายวิธี ซึ่งครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทราบวิธีการสอนแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชา มีทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการเรียนสอนนั้น ครูควรเลือกวิธีสอนหรืออาจนำหลายวิธีมาผสมผสานกันเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาและความสามารถของนักเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ชาตรี เกิดธรรม (2542, หน้า 219) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งเป็นวิธีที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล ทำให้ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามประเภทที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำการแก้ปัญหามาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 56-57) ให้ความหมายว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการหนึ่งที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยเน้นการปฏิบัติจริง

มากที่สุด โดยการจัดการเรียนการสอนนั้น ให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย โดยวิธีนี้อยู่บนพื้นฐานของแนวคิดทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ เป็นแนวคิดที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งครูไม่สามารถสร้างได้ แค่ครูเป็นเพียงผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาเป็นกระบวนการการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งครูต้องปรับบทบาทจากผู้ป้อนข้อมูลมาเป็นผู้ให้คำแนะนำและผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2550) ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบว่าการดำเนินการเรียนการสอนโดยครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือลงข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2551) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์หรือวิธีการในการแก้ปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูคอยอำนวยความสะดวกและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้ด้วยตนเองและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) โดยมีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งอธิบายว่าพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของ

บุคคลมีการปรับตัวทางกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยพัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) ซึ่งบุคคลจะพยายามปรับสภาพให้อยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเพียเจต์เชื่อว่าคนทุกคนจะมีพัฒนาทางด้านเชาว์ปัญญาเป็นลำดับขั้น เริ่มจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น (ทิศนา แขมมณี, 2550, หน้า 90-91)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการสร้างความคิดด้วยตนเอง ซึ่งครูไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่ครูสามารถช่วยนักเรียนปรับเปลี่ยนสภาพการณ์ให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม นักเรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548, หน้า 24)

การสร้างองค์ความรู้เป็นกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับโครงสร้างองค์ความรู้เดิม ซึ่งแอทคินสันและชิฟฟริน (Atkinson & Shiffrin, 1968 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2550, หน้า 30) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างองค์ความรู้ไว้ดังนี้

1. เริ่มจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า ได้แก่ การสัมผัส การได้ยิน การมองเห็น การดมกลิ่น และการชิมรส ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ความจำระยะสั้นอย่างรวดเร็ว กระบวนการที่ข้อมูลจะถูกเรียกเก็บเข้าไปในความจำระยะสั้นประกอบด้วยการรู้จักและการใส่ใจ

2. การเรียกคืนองค์ความรู้ที่จัดเก็บอยู่ในความทรงจำระยะยาวโดยในการจัดเก็บองค์ความรู้เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องในความจำระยะยาว และมโนทัศน์ที่ถูกกระตุ้นนี้จะลดความยาวของเครือข่ายมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องลง มโนทัศน์ที่ถูกกระตุ้นก็จะถูกเรียกเข้าสู่ความจำระยะสั้น

3. การเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสกับข้อมูลที่เป็นความรู้เดิมโดยในการเชื่อมโยงข้อมูลต้องมีการเรียกคืนความรู้ที่จัดเก็บอยู่ในความทรงจำระยะยาว โดยการเชื่อมโยงนั้นเป็นการอธิบาย การแปลความหมาย การประเมิน การเปรียบเทียบ และการโต้แย้งข้อมูลใหม่กับความรู้เดิมทำให้เกิดการดูดซึมและการปรับโครงสร้างทางความคิด

ประโยชน์ของการตรวจสอบความรู้เดิมสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจะทำให้ครูได้รับรู้ถึงความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้วจึงนำมาวางแผนการจัดการเรียนรู้

2. นักเรียนสามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

3. แม้ว่านักเรียนจะมีความรู้ที่แตกต่าง การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปจนกลายเป็นความรู้เดิมเดียวกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการสติปัญญาของเพียเจต์ โดยเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้เองโดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้รับการพัฒนามาเป็นลำดับดังนี้

โรเจอร์ ไบบี้ (Roger Bybee อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548, หน้า 38) นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study) หรือที่รู้จักกันในนาม BSCS ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ ของการเรียนรู้รวม 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มในเรื่องที่น่าสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้ประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

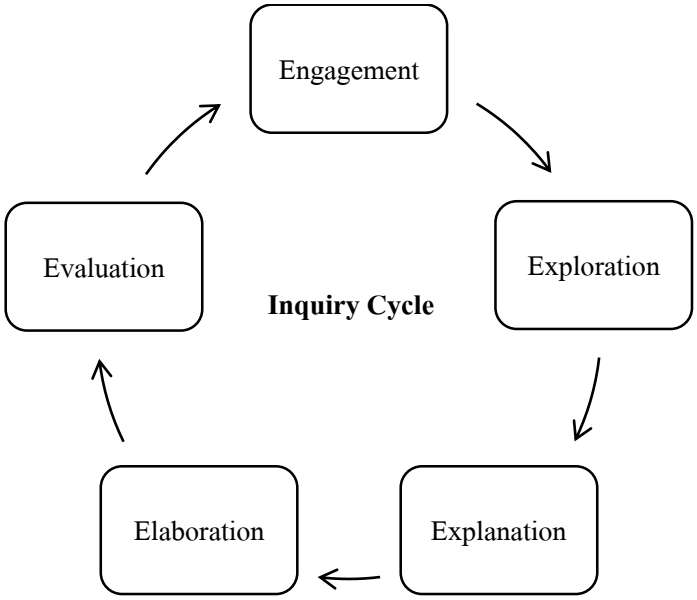
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ต้องมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือวาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลานทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือทำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป ทั้งนี้รวมถึงการประเมินของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ดังแผนภูมิภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ของ BSCS (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548, หน้า 38)

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 ไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft, 2003 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 25-30) ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่ประสบการณ์ของตนเอง ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft) มีดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) ครูต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม ซึ่งคำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคม หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังสถานการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียน และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) ขั้นนี้เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียนหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มในเรื่องที่น่าสนใจ อาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่

นักเรียนเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดคามคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียงครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

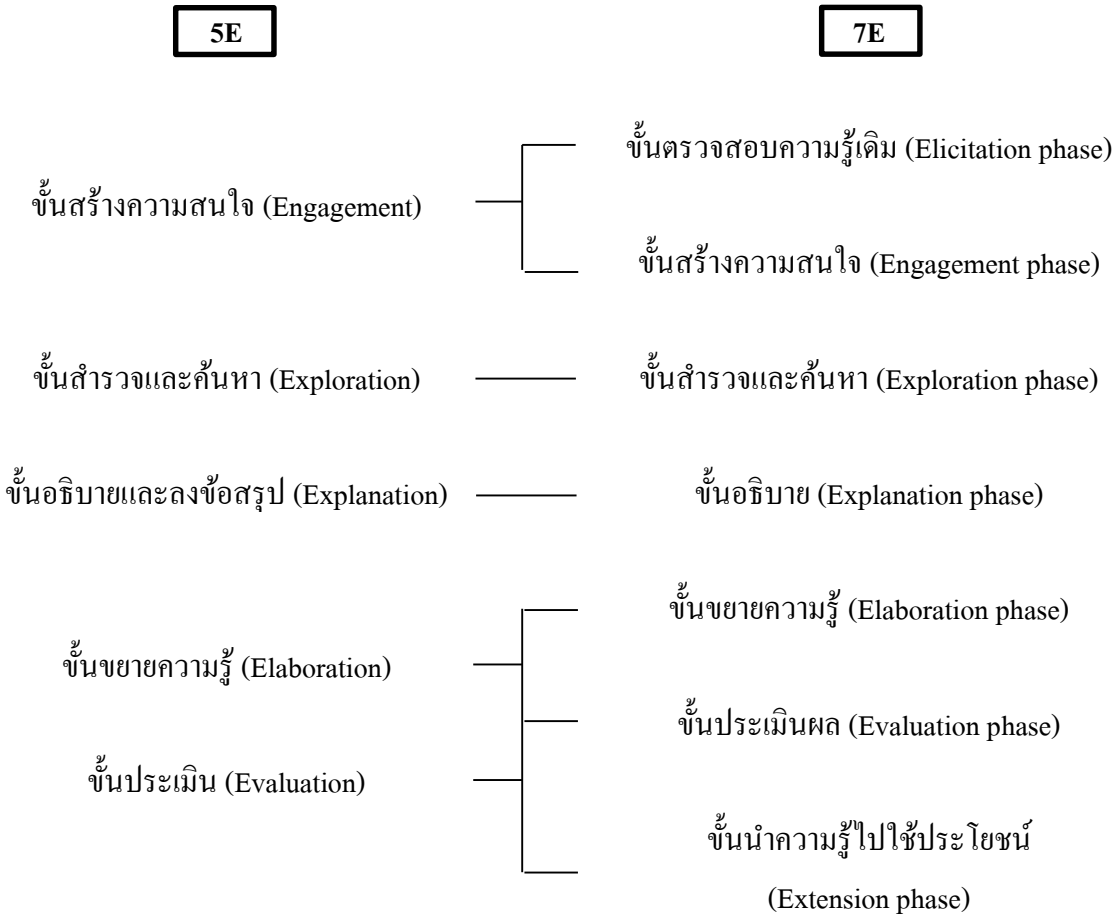
4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อธิบาย สรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง และกราฟ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลสรุป และอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็ตามสามารถสร้างความรู้ให้นักเรียนได้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) ขั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้

ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน คอยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้



ภาพที่ 2-2 การปรับขยายรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น (Eisenkraft, 2003 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 25-30)

จากการศึกษาความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น นั้นมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจและสนุกกับการเรียน อีกทั้งยังสามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่ประสบการณ์ของตนเอง โดยใน

งานวิจัยนี้ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนให้กับนักเรียน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ประกอบด้วย 7 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่ครูเป็นผู้จัดกิจกรรม เช่น การใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้พื้นฐานหรือความเข้าใจเดิมออกมา และเป็นการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ ซึ่งเป็นขั้นที่ครูจะได้ทราบถึงพื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน อีกทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนพร้อมในการรับความรู้ใหม่ และหากนักเรียนมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูต้องทำการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนหรือแนวทางในการหาคำตอบ หาหลักการและทฤษฎี สืบค้น และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนรายงานการทดลอง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการสรุป และอภิปรายผลโดยการอ้างอิงหลักการและทฤษฎีประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ค้นคว้าเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสร้างเป็นองค์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft) เป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามธรรมชาติของวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อันที่จะทำให้นักเรียนเข้าถึงความรู้

ความจริงได้ด้วยคนเอง และนักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรระลึกอยู่เสมอว่าครูเป็นเพียงผู้ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อ แบ่งปันประสบการณ์ จัดสถานการณ์เร้าให้นักเรียนได้คิด ตั้งคำถาม และลงมือตรวจสอบ นอกจากนี้ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถบนพื้นฐานของความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคลอันที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้บรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยได้แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 25-30) ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 25-30)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase)	- ตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้	- ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase)	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ดึงคำตอบที่ยังไม่ชัดเจนนักมาคิดและอภิปรายร่วมกัน	- ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระหายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด - นำเสนอประเด็น สถานการณ์ที่น่าสนใจ - อภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - ซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะแนวทางนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระ แต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้ - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ - มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์
4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้	- อธิบายการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) (ต่อ)	เหตุผลอย่างเหมาะสม - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ได้ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	- ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมา - ให้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปประยุกต์ใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีพร้อมแสดงหลักฐาน และถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้	- นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้	- ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) (ต่อ)	- ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิดในประเด็นต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้	- แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase)	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้	- นำความรู้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ครูมีหน้าที่คอยช่วยเหลือ แบ่งบันประสบการณ์ และจัดสถานการณ์เพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ เกิดกระบวนการคิด และการลงมือตรวจสอบ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูต้องจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของนักเรียน โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงจะทำให้การจัดการเรียนรู้นั้นบรรลุสู่จุดมุ่งหมาย

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหารู้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้สรุปข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดการระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติ และหลักการได้เร็วขึ้น รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

5. นักเรียนเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน

6. ส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้และสร้างสรรค์ความเป็นประชาธิปไตยในตัว

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือ ฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ

2. การค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

3. ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโอนความรู้ได้

5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนมีความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

6. ช่วยพัฒนาอัตมโนทัศน์แก่นักเรียน

7. พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

8. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

9. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

10. ได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

11. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2546, หน้า 9) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมและคิดริเริ่ม

2. นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ

3. นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะในการศึกษาค้นคว้าและวิจัย

4. นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกับเพื่อนในการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิด ความรู้และประสบการณ์

5. นักเรียนมีความรับผิดชอบ โดยจะต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษาข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทางด้านความคิด การลงมือแก้ปัญหา และการค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตนเองตามศักยภาพของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนสามารถจดจำความรู้นั้นได้นานและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 157) ได้สรุปข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัย แปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนนี้ เน้นการควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมาเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองได้

3. ในกรณีที่นักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอจะทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามที่กำหนดไว้

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำหรือไม่มีการกระตุ้นมากพอ จะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้

4. เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงาน ซึ่งจะไม่เกิดการเรียนรู้

6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้วยอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน

7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาค้นคว้าวิธีการสอนแบบนี้

จากการศึกษาข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งอาจใช้ระยะเวลามาก และนักเรียนอาจได้เนื้อหาไม่ครบตามที่กำหนด อีกทั้งในด้านศักยภาพของนักเรียนที่อาจไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้ ดังนั้นครูต้องมีการจัดเตรียมสถานการณ์และแผนการจัดการเรียนรู้มาเป็นอย่างดี เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้อย่างครบถ้วนและครูความสร้างสถานการณ์ให้น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ไม่เบื่อหน่าย และมีความกระตือรือร้นในการเรียน

จากการศึกรูปแบบการจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และหาวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้สถานการณ์นั้นด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้และเป็นผู้ให้ข้อเสนอแนะเท่านั้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้พื้นฐานหรือความเข้าใจเดิมออกมาโดยผ่านกระบวนการตอบคำถามที่ครูผู้สอนกำหนดขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการรับความรู้ใหม่ อีกทั้งทำให้ครูผู้สอนทราบถึงพื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน

ซึ่งถ้าหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูผู้สอนต้องทำการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนหรือแนวทางในการหาคำตอบ สืบค้นหาหลักการและทฤษฎี และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล และเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการสรุป และอภิปรายผลโดยการอ้างอิงหลักการและทฤษฎีประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมไปฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด การทำแผนผังมโนทัศน์ เป็นต้น เพื่อประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสร้างองค์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหา พบว่ามีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งสามารถรวบรวมได้ดังนี้

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

โพลยา (Polya, 1973 อ้างถึงใน ฉวีวรรณ เศวตมาลย์, 2545) นักคณิตศาสตร์เชื้อสายฮังการี เป็นผู้เสนอแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถูกจัดว่าเป็นต้นแบบในการสอนแก้โจทย์ปัญหา โดยมีผู้นำวิธีการของเขามาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเขาได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ไว้ในหนังสือ “How to solve it” โดยหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน คือ

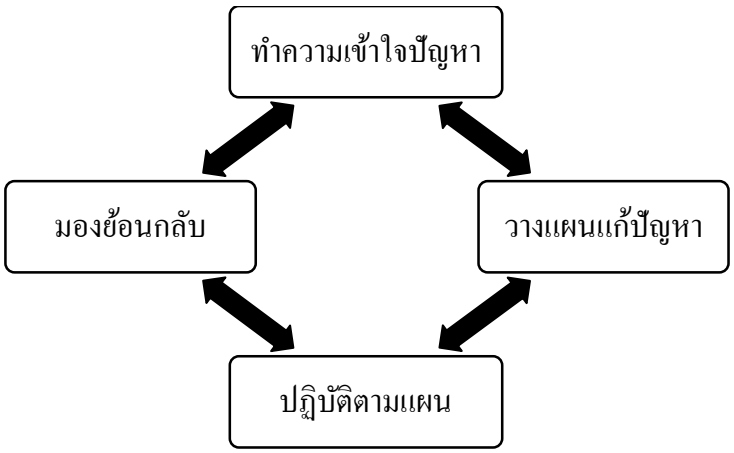
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

ขั้นที่ 4 มองย้อนกลับ (Looking back)

ขั้นตอนทั้งสี่ขั้นนั้นสามารถยืดหยุ่นได้ ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอน ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 วัฏจักรการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (ฉวีวรรณ เศวตมาลย์, 2545)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

โพลยา (Polya) ได้เสนอกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นปฏิบัติตามแผน และขั้นตรวจสอบ ซึ่ง กรมวิชาการ (2545, หน้า 7-10) ได้เสนอแนวปฏิบัติในแต่ละขั้นดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. อ่านหรือพิจารณาปัญหาและเล่ารายละเอียดทั้งหมดตามความเข้าใจของตนเอง การให้นักเรียนฟังหรืออ่านโจทย์ปัญหานั้น นักเรียนแต่ละคนอาจจะมีความเข้าใจในโจทย์ดังกล่าวแตกต่างกันไป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาหรือปัญหาต่าง ๆ ควรให้นักเรียนเล่าตามความเข้าใจ โดยใช้สำนวนภาษาของตนเอง และนักเรียนคนอื่น ๆ ก็ร่วมแสดงความคิดเห็นว่า เรื่องราวที่เล่ามานั้นถูกต้องหรือไม่อย่างไร หรือมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอะไรบ้าง อาจผลัดเปลี่ยน

กันเล่าหรือจัดอภิปรายเกี่ยวกับความเข้าใจปัญหาในระบบกลุ่มก็ได้ ในขณะเดียวกันนักเรียนอาจจะไม่เข้าใจคำใหม่บางคำหรือข้อความบางตอน ก็ควรนำมาอภิปรายเพิ่มเติม ต่อจากนั้นจึงให้ทุกคนหรืออ่านโจทย์อีกครั้ง

2. พิจารณาลักษณะของคำตอบ นักเรียนควรมีการพิจารณาลักษณะของคำตอบหรือสิ่งที่ยังไม่รู้ การพิจารณาของคำตอบจะช่วยให้เข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากขึ้น

3. หาข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่แล้วในโจทย์ปัญหา เรียกว่า “สิ่งที่ทราบแล้ว” หรือ “สิ่งที่โจทย์กำหนดให้” ให้นักเรียนพิจารณาหรืออภิปรายร่วมกันว่ามีประโยชน์ต่อการหาคำตอบอย่างไร ข้อมูลไหนจำเป็นหรือไม่จำเป็น มีข้อมูลอะไรบ้างที่มีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบแต่โจทย์ไม่ได้กำหนดมาให้ ซึ่งจะต้องพิจารณาต่อว่าจะหาข้อมูลที่โจทย์ยังไม่กำหนดมาให้นั้นได้อย่างไร สำหรับข้อมูลที่ทราบเหล่านั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่ามีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทรายอย่างไร

การช่วยให้นักเรียนคิดหรืออภิปรายตามที่กล่าวมา ครูอาจจะต้องคำถามนำเพื่อให้เกิดความคิดนี้ขึ้น เช่น โจทย์กำหนดอะไรไว้บ้าง เมื่อนักเรียนอ่านโจทย์แล้วทราบอะไรบ้าง นักเรียนเคยรู้หรือเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ กำลังหาข้อมูลอะไรเพิ่มเติม โจทย์ถามอะไร สิ่งที่กำหนดให้เกี่ยวข้องกับสิ่งที่โจทย์ให้หาอย่างไรบ้าง นักเรียนเล่าปัญหาทั้งหมดตามความเข้าใจของนักเรียนเอง หรือใช้คำพูดของนักเรียนเอง

ขั้นที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ควรใช้เวลาและความละเอียดอ่อนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนบางคนอาจใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งการกระทำในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการเสียเวลาแล้ว ในทางกลับกันนักเรียนที่เรียนรู้ยุทธวิธีต่าง ๆ อย่างหลากหลายกลับจะมีโอกาสแก้ไขปัญหาได้ดีกว่า ซึ่งในขั้นนี้ได้เสนอแนะยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไว้หลายประการ การจะเลือกใช้วิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและบุคคลผู้แก้ปัญหาเป็นสำคัญ ในบางปัญหาอาจใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน

ขั้นนี้จะลงมือปฏิบัติตามแผน ซึ่งอาจจะต้องรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น อาจจะต้องมีการตัดสินใจ แต่ส่วนมากการตัดสินใจอยู่ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 แล้ว

1. ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในบางกรณีอาจใช้วิธีการเขียนประโยคสัญลักษณ์หรือสมการ

2. ตรวจสอบคำตอบ มีความสำคัญมากในขั้นตอนนี้ในโจทย์ปัญหาที่มีการรวบรวมข้อมูลเพื่อหารูปแบบ หากข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่งมีความผิดพลาด จะทำให้หารูปแบบนั้นได้ยากมาก และยิ่งมีข้อมูลมากเท่าใดก็ยิ่งมีความผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้น ก่อนที่จะจัดข้อมูลเพื่อทำ

การวิเคราะห์ ควรจะฝึกให้นักเรียนได้ตรวจดูคร่าว ๆ ว่ามีข้อมูลใดที่น่าสงสัย ให้ตรวจสอบความถูกต้องเสียก่อน เพราะบางครั้งนักเรียนสามารถหารูปแบบได้ถูกต้อง แต่เกิดความไม่แน่ใจเพราะข้อมูลบางตัวไม่สามารถใช้กับรูปแบบนั้นได้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและตรวจสอบดูว่าผลลัพธ์ถูกต้องและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่ ตลอดจนกระบวนการในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถใช้วิธีการอีกวิธีหนึ่ง ตรวจสอบเพื่อตรวจดูว่าผลลัพธ์ที่ได้ตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณค่าคำตอบอย่างคร่าว ๆ

จากการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา สามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ลงมือแก้โจทย์ปัญหาไปตามลำดับขั้น โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหาว่าโจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง และโจทย์นั้นต้องการทราบอะไร จากนั้นดำเนินการวางแผนแก้ปัญหาว่ามีแนวทางใดที่สามารถแก้ปัญหานั้นได้บ้าง พร้อมทั้งลงมือแก้ปัญหาตามแผนการที่วางไว้ สุดท้ายคือตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิดคำนวณว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนควรให้เวลาพอสมควรแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ดำเนินการตามขั้นตอน ไม่ควรรีบเร่งมากเกินไปเพราะจะทำให้นักเรียนบางกลุ่มประสบความล้มเหลวในการเรียนได้

บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

โพลยา (Polya, 1973 อ้างถึงใน ฉวีวรรณ เศวตมาลย์, 2545) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการแก้โจทย์ปัญหาว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดของครู คือ การช่วยเหลือนักเรียนในขณะแก้ปัญหาและเมื่อต้องการความช่วยเหลือในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องการเวลาในการคิด พิจารณา วิเคราะห์คำถาม หาคำตอบและตรวจสอบคำตอบ ดังนั้นบทบาทของครูในการแก้โจทย์ปัญหาจึงเป็นเรื่องสำคัญและมีข้อควรคำนึงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย โดยในการเตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหามีข้อควรคำนึงดังนี้

1. ในการเตรียมการสอนการแก้โจทย์ปัญหา

1.1 ก่อนการแก้โจทย์ปัญหา ควรอธิบายให้มองเห็นความสำคัญของการอ่านโจทย์ปัญหาอย่างระมัดระวัง คิดในขณะที่อ่าน ให้ความสำคัญกับคำหรือข้อความที่สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และกระตุ้นให้นักเรียนสนใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา พยายามทำความเข้าใจแต่ละประโยคของโจทย์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้โจทย์ปัญหา ในกรณีที่นักเรียนตอบผิด ครูควรให้กำลังใจและให้เวลานักเรียนคิด

1.2 ระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูควรตะหนักถึงจุดอ่อนของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา และช่วยเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาในกรณีที่นักเรียนมีปัญหาทำไม่ได้ และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้วิธีคิดที่หลากหลายพร้อมให้นักเรียนได้ตรวจทานคำตอบที่ได้

1.3 หลังการแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงวิธีทำ อธิบายแนวคิดตลอดจนตรวจสอบคำตอบและประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ว่าเป็นคำตอบของปัญหาหรือไม่

2. ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การทำความเข้าใจปัญหา ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาแล้วถามว่านักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหาเพียงใด โจทย์กำหนดอะไรให้บ้างและโจทย์ต้องการให้หาอะไร ในการทำงานกลุ่มสมาชิกในกลุ่มอาจจะช่วยกันตั้งคำถามเพื่อให้เข้าใจมากขึ้น ซึ่งอาจจะเปลี่ยนโจทย์ให้คำพูดของตนเองเพื่อให้เกิดการเข้าใจมากขึ้น

2.2 การวางแผนแก้ปัญหา ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของปัญหาและถามว่าเคยเห็นโจทย์ในลักษณะนี้หรือไม่ ถ้าเคยใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาใดให้บอกยุทธวิธีในการแก้ปัญหานั้น

2.3 การปฏิบัติตามแผน เมื่อนักเรียนวางแผนแก้ปัญหาแล้ว ควรได้รับการกระตุ้นจากครูให้ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ถ้าวางแผนที่วางไว้ใช้ไม่ได้ ควรกระตุ้นให้คิดหาแนวทางแก้ปัญหาวิธีใหม่ และให้คำแนะนำช่วยเหลือในกรณีที่ต้องการความช่วยเหลือ

2.4 ตรวจสอบหรือการมองย้อนกลับ ขั้นนี้มีความสำคัญในการแก้ปัญหาเพราะเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ ครูอาจจะอธิบายวิธีการทำและวิธีการต่าง ๆ ที่มีหลากวิธีให้นักเรียนได้เปรียบเทียบถึงยุทะวิธีในการหาคำตอบแต่ละวิธี

จากการศึกษาบทบาทของครูในการเตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ครูเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนในขณะที่นักเรียนพบปัญหา และยังเป็นผู้จัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรูดนิค

ครูลิคและรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1996) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการแก้โจทย์ปัญหาและการให้เหตุผลที่เป็นหลักสำคัญต่อการเรียนรู้ การทำแบบฝึกหัด และทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอน ก่อให้เกิดความกระจ่างในปัญหา โดยขั้นตอนของการสอนจะมีการใช้คำถามที่ก่อให้เกิดความเข้าใจ ซึ่งประเด็นสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรูดนิคประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and think)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore)

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Select a strategy)

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an answer)

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของครูลิคและรูดนิค

ครูลิคและรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1996) ได้เสนอแนวทางการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and think)

ในตอนนี้เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหาจากการอ่านโจทย์ปัญหาโดยอาศัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความจริงของข้อมูลที่ได้รับการตรวจสอบและประเมินค่า เกิดการแปลปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของผู้อ่านเอง มีการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ มีการอธิบายองค์ประกอบของปัญหาและตรวจสอบถานการณ์ของปัญหา เกิดความเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ ของปัญหา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ๆ ได้แก่

- การบ่งชี้ข้อเท็จจริง
- การบ่งชี้ตัวคำถาม
- การมองเห็นปัญหา
- การบรรยายสถานการณ์
- การนำองค์ประกอบของปัญหาที่ได้ย้อนกลับไปแทนในโจทย์ที่กำหนดมา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore)

ปัญหาจะถูกวิเคราะห์โดยระบุว่าข้อมูลจากปัญหานั้นเพียงพอที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือไม่ หรือว่ามีข้อมูลมากเกินไป โดยข้อมูลที่ไม่ตรงจะถูกกำจัด ข้อมูลถูกจัดกระทำในรูปตาราง การวาดภาพ แบบจำลอง และรูปแบบอื่น ๆ จากนี้ก็มีการสำรวจรูปแบบสำหรับการที่จะหาคำตอบ ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ๆ ได้แก่

- การจัดกระทำข้อมูล
- การพิจารณาว่าข้อมูลที่มีอยู่นั้นเพียงพอหรือมากเกินพอสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาครั้งนั้น ๆ หรือไม่
- การคิดหารูปแบบสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา
- พิจารณาว่าจะสามารถสร้างตาราง กราฟ โมเดล หรือรูปแบบอื่น ๆ ได้หรือไม่

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Select a strategy)

เป็นกระบวนการตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการใดจึงจะดีที่สุดในการแก้ปัญหาครั้งนี้ โดยคำนึกถึงความเหมาะสมของปัญหานั้น ๆ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นหัวใจของการแกปัญหา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ๆ ได้แก่

- การเลือกใช้ความรู้ในลักษณะการจำ
- การเดาวิธีการแก้ปัญหาและการทดสอบวิธีการหาคำตอบ
- การทดลองและสถานการณ์จำลอง
- การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an answer)

ในขั้นนี้จะเป็นการใช้ทักษะวิธีการที่เหมาะสมในทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาโดยอาจมีการใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องคิดเลข หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการหาคำตอบประกอบกิจกรรมย่อย ๆ ได้แก่

- การใช้ทักษะการคำนวณ
- การใช้ทักษะทางด้านพีชคณิต
- การใช้ทักษะทางด้านเรขาคณิต

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend)

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำถามตามที่โจทย์ต้องการหรือไม่ โดยในขั้นนี้จะต้องพิจารณาถึงการคำนวณที่ถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ การคิดหาคำตอบอย่างสร้างสรรค์ และการมีการอภิปรายถึงแนวทางอื่น ๆ ที่อาจนำมาใช้ในการหาคำตอบ การขยายผลของคำตอบและการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่สนใจเพิ่มเติม ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ๆ ได้แก่

- การตรวจสอบคำตอบ การคำนวณ โดยคำตอบที่ได้นั้นเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผล
- การอภิปรายในกลุ่มเพื่อหาคำตอบรูปแบบอื่น ๆ
- การใช้ข้อแม้ตรวจสอบคำตอบที่ได้มา
- การอภิปรายสถานการณ์ที่ได้มาซึ่งคำตอบ
- การศึกษาตัวแปรที่น่าสนใจเพิ่มเติม

จากการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของครูลิคและรูดนิค สามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้ความสำคัญกับการคิดที่เป็นลำดับขั้นตอน และสร้างพื้นฐานประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูนิคและรูดนิคประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and thnik) ซึ่งในขั้นนี้เป็นการอ่านโจทย์ที่กำหนดมาให้ เพื่อทำความเข้าใจว่า โจทย์กำหนดสิ่งใดมาให้ และโจทย์ต้องการทรายสิ่งใด

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore) เป็นการเตรียมแก้โจทย์ปัญหา โดยมีการระบุ กฎ หลักการ หรือทฤษฎี ที่ควรนำมาใช้ รวมทั้งการหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากที่โจทย์ไม่ได้กำหนดมาให้ เพื่อให้สามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาที่ต้องการได้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Select a strategy) เป็นการคัดเลือกข้อมูลและเลือกใช้วิธีการที่ดีที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหา โดยสรุปเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an answer) เป็นการใช้ทักษะการคำนวณเพื่อหาคำตอบในสมการที่เลือกไว้

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบโดยการแทนค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการในสมการและค้นหาว่ามีวิธีการหาคำตอบวิธีอื่น ๆ อีกหรือไม่

บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของครูลิคและรูดนิค

ครูลิคและรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1987, pp. 39-74) ได้เสนอบทบาทของครูสำหรับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้แก่นักเรียนไว้ดังนี้

1. ควรสร้างบรรยากาศที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าสามารถแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จได้

2. ควรจูงใจให้นักเรียนสนใจในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ควรสอนให้นักเรียนรู้ถึงวิธีการแก้ปัญหา รู้จักพิจารณาได้ว่าข้อความส่วนใดที่เป็นแนวคิดสำคัญ

4. ควรใช้นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของปัญหา เช่น การใส่ชื่อนักเรียนเข้าไปในปัญหา หรือตั้งคำถามที่เกี่ยวกับตัวนักเรียน

5. ควรให้นักเรียนรู้จักสร้างปัญหาด้วยตนเอง

6. ควรมีการจัดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม

7. ควรกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักการเขียนภาพด้วยมือเปล่าโดยไม่ใช้เครื่องมือ

8. ควรแนะนำวิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิธีอื่น ๆ ที่แตกต่างจากแนวคิดของนักเรียนเพิ่มเติม

9. ควรส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ

10. ควรเน้นความคิดสร้างสรรค์ทางด้านความคิดและจินตนาการ

11. ควรส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้เครื่องคำนวณ

12. ควรนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมัยใหม่มาใช้

13. ควรให้นักเรียนเขียนแผนภูมิสายงาน (Flow-chart) แสดงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง

14. ควรนำกิจกรรมเกมมาใช้ในชั้นเรียน

15. ควรให้นักเรียนรู้จักแก้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

16. ไม่ควรสอนเนื้อหาเรื่องใหม่ในขณะที่สอนการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษาบทบาทของครูในการเตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของครูลิคและรูดนิค พบว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีสร้างบรรยากาศภายในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอยากเรียนรู้ ซึ่งอาจใช้กิจกรรมเกม หรือการชื่อนักเรียนเข้ามาใช้ในข้อคำถาม และควรส่งเสริมให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยตนเองเพื่อเกิดเป็นการเรียนรู้ที่คงทนถาวร

การแก้โจทย์ปัญหาของแมคชินี

แมคชินี (Maccini, 1998) ได้พัฒนาการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธี STAR ขึ้น ซึ่งเป็นการสอนให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น (First letter mnemonic strategy) ของการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งช่วยให้นักเรียนระลึกลำดับขั้นตอนได้จากคำศัพท์ที่รู้จัก คุ้นเคย และช่วยให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ ซึ่งขั้นตอนของกลวิธี STAR ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 S (Search the word problem) การศึกษาโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 T (Translate the problem) การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 A (Answer the problem) การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 R (Review the solution) ทบทวนคำตอบ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR

แมคชินี (Maccini, 1998) ได้อธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกลวิธี STAR เพื่อช่วยนักเรียนให้สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 S (Search the word problem) การศึกษาโจทย์ปัญหา เป็นการแยกแยะประเด็นของปัญหา ซึ่งดำเนินการดังนี้

1. อ่านโจทย์ปัญหาอย่างละเอียดถี่ถ้วน

2. ถามคำถามต่อตนเองว่า “รู้เท็จจริงอะไรบ้างจากโจทย์ปัญหา” “โจทย์ต้องการให้หาอะไร”

3. เขียนข้อเท็จจริงที่ได้จากโจทย์

ขั้นที่ 2 T (Translate the problem) การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา ดำเนินการดังนี้

1. เลือกตัวแปร

2. ระบุการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

3. แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่สมการในแบบรูปภาพหรือสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอาจเลือกใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ ดังนี้

- สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete application: C) ใช้วัตถุจริงหรือสื่อเสมือนจริง

- สื่อที่เป็นตัวแทนจริง (Semiconcrete application: S) เป็นการวาดรูปภาพ แผนภาพ หรือเขียนตารางแสดงความหมาย

- สัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract application: A) หานัยทั่วไปนำเสนอให้อยู่ในรูปนิพจน์ของพีชคณิต หรือเขียนสมการเชิงพีชคณิต

ขั้นที่ 3 A (Answer the problem) การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ดำเนินการหาคำตอบที่ถูกต้องตามขั้นที่ 2

ขั้นที่ 4 R (Review the solution) ทบทวนคำตอบ ดำเนินการดังนี้

1. อ่านโจทย์ซ้ำอีกครั้ง

2. ถามคำถามต่อตนเองว่า “คำตอบที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่”

3. ตรวจสอบคำตอบ

จากการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR พบว่าเป็นการสอนแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้สื่อหรือสัญลักษณ์มาช่วยในการแสดงความหมายของโจทย์ปัญหา ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ข้อมูลต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และสามารถแก้ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง โดยที่มีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะ

บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR

แมคชินีและกากนอน (Maccini & Gagnon, 2000) ได้เสนอบทบาทของครูในการสอนแก้โจทย์ปัญหา ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 บทนำ

ในขั้นนี้ครูให้คำแนะนำสิ่งที่เป็นภาพรวมทั่วไป โดยการเชื่อมโยงเนื้อหาใหม่กับทักษะที่เรียนผ่านมาแล้ว ให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญของเนื้อหาที่จะเรียน โดยอาจเชื่อมโยงกับบทบาทในชีวิตจริง

ขั้นที่ 2 ให้ครูเป็นแบบอย่างในการใช้กลวิธี

เริ่มต้นปัญหาโดยครูใช้การอ่านออกเสียงเพื่อเป็นตัวแบบสำหรับนักเรียน เช่น อ่านโจทย์ปัญหาออกเสียงแล้วตรวจสอบทำเครื่องหมายตามลำดับขั้นในใบงานตามกลวิธี STAR ดังนี้

S: ศึกษาโจทย์ปัญหา แยกแยะประเด็นของปัญหา

T: แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่สมการในแบบรูปภาพ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

A: หาคำตอบของโจทย์ปัญหา

R: ทบทวนคำตอบ

ขั้นที่ 3 ให้แบบฝึกหัดที่มีการแนะนำ

ครูให้แบบฝึกหัดเป็นใบงานที่มีการแนะนำขั้นตอนแล้ว ให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกกลวิธีโดยลดบทบาทครูจนกระทั่งนักเรียนสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดอย่างอิสระ

ครูให้แบบฝึกหัดที่นักเรียนต้องหาคำตอบด้วยตัวเอง โดยไม่มีคำแนะนำ ครูให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ให้ผลย้อนกลับทางบวกและถูกต้อง

ให้ผลย้อยกลับทางบวก โดยดูการปฏิบัติงานของนักเรียน เช่น เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคำนวณ เป็นต้น ให้ผลย้อนกลับคำตอบที่ผิดพลาด อาจจะสอนใหม่ถ้าจำเป็น แล้วให้แบบฝึกหัดที่คล้ายคลึงกับปัญหาเดิมและสังเกตการณ์ปฏิบัติงานของนักเรียน สุดท้ายให้ผลย้อนกลับทางบวก

ขั้นที่ 6 ประยุกต์ปัญหาใช้กับชีวิตจริง

ให้คำถามที่กระตุ้นนักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สถานการณ์แก้ปัญหาในชีวิตจริง และมีการทบทวนบ่อย ๆ เพื่อให้เกิดความคงทน

จากการศึกษาบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR พบว่า ต้องมีการเตรียมความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นกลวิธีที่มีความละเอียดค่อนข้างมาก ดังนั้นครูต้องมีการเตรียมความพร้อมในแต่ละขั้นตอนมาเป็นอย่างดี เพื่อเป็นผู้ค่อยชี้แนะให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ด้วยตนเองได้

จากการศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของนักการศึกษาแต่ละท่าน ผู้วิจัยมีความสนใจกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วยเนื้อหาในส่วนของคำนวณจำนวนมาก ดังนั้นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิค

ของโพลยาจึงเป็นเทคนิคที่สามารถช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ด้วยตนเองได้ ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ผู้วิจัยจึงทำการสรุปการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง และทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และหาวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้สถานการณ์นั้นด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้และเป็นผู้ให้ข้อเสนอแนะเท่านั้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้พื้นฐานหรือความเข้าใจเดิมออกมาโดยผ่านกระบวนการตอบคำถามที่ครูผู้สอนกำหนดขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการรับความรู้ใหม่ อีกทั้งทำให้ครูผู้สอนทราบถึงพื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งถ้าหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูผู้สอนต้องทำการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดความสงสัย และสามารถตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนหรือแนวทางในการหาคำตอบ สืบค้นหาหลักการและทฤษฎี และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล และเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการสรุป และอภิปรายผลโดยการอ้างอิงหลักการและทฤษฎีประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมไปฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยมีการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาร่วมด้วย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด การทำแผนผังมโนทัศน์ เป็นต้น เพื่อประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสร้างองค์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้

ภาพที่ 2-4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

วราภรณ์ ชัยโอภาส (2521) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการเรียนรู้ลักษณะนิยาม อาศัยความสามารถในการสังเคราะห์ การวิเคราะห์ การใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย โดยอาจจะพูดหรือเขียนบอกด้วยข้อความ ภาษาของตนเอง เป็นการเปลี่ยนจากรูปธรรมเป็นนามธรรม การรวบรวม การรับรู้ที่มีความหมายต่อการเรียน จะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นได้ เช่น การบรรยายรูปร่าง ปรากฏการณ์ ขบวนการ คุณสมบัติการจัดประเภท หรือการใช้สัญลักษณ์

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 29-30) ได้เสนอความเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้ง

ระดับที่รูปธรรมและนามธรรม ซึ่งมีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดจากการที่นำเอามโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และนอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่เน้นในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด จึงเห็นได้ว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นสากล ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางสังคม วัฒนธรรมเป็นส่วนน้อย มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียน และความรู้ในระดับสูงอย่างแจ่มแจ้ง ยิ่งกว่านั้นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เป็นเหตุผลซึ่งกันและกัน จะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

มังกร ทองสุขดี (2535, หน้า 63) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า หมายถึง ความคิดสำคัญ หรือข้อสรุปของความคิดที่ได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตของมนุษย์ มโนทัศน์บางชนิดจะช่วยเสริมสร้างคุณค่าของประสบการณ์ให้มีความหมายต่อชีวิตอย่างมากมาย แต่ก็มีมโนทัศน์บางรูปแบบที่อาจแอบซ่อนอยู่ภายในที่ยังไม่สามารถนำมาปรุงแต่งให้มีคุณค่าก็ได้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2539, หน้า 4) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดที่มนุษย์มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เกิดจากความคิดโดยสรุปของบุคคลที่มีต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ให้ไว้นั้น สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดและความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการศึกษา สืบค้น และเก็บรวบรวมมาจากประสบการณ์โดยการกระทำหรือการรับรู้ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป ซึ่งทำให้สามารถนำไปใช้อธิบายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกันได้

ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525, หน้า 247-248) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นพวก ๆ เพื่อใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้น ๆ ให้เข้าใจตรงกัน เช่น

- น้ำทะเลเป็นน้ำกระด้าง
- สสารคือสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่

2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้น ๆ เช่น

- แรงคืออำนาจที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่

- สสารอาจเปลี่ยนได้โดยการเพิ่มหรือลดพลังงาน

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดสิ่งที่มองไม่เห็น แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนทัศน์ประเภทนี้นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการหรือนึกวาดภาพขึ้นในสมอง เพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้นขึ้น เช่น

- แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุซึ่งประกอบไปด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2539, หน้า 4) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการจัดแบ่งประเภท เป็นมโนทัศน์ที่บ่งถึงคำจำกัดความ คำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติของสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ มโนทัศน์เกี่ยวกับการจัดแบ่งประเภท เป็นมโนทัศน์ที่บ่งถึงคุณสมบัติร่วมของสิ่งนั้น ๆ เช่น แมวเป็นสัตว์ที่มี 4 ขา มีหนวด เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ฯลฯ

2. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นมโนทัศน์ที่บ่งถึงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์หรือสิ่งของ ทั้งในเชิงเปรียบเทียบ และในเชิงเป็นเหตุผลต่อกัน ได้แก่ มโนทัศน์ที่แสดงว่า เท่ากัน สูงกว่า ต่ำกว่า ระหว่าง มาก น้อย ถ้า...แล้ว เป็นต้น ตัวอย่างมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่

2.1 มโนทัศน์ของแรงที่ว่า แรงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง

2.2 มโนทัศน์ของความเร็วที่ว่า ความเร็วเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา

2.3 มโนทัศน์ของความหนาแน่นที่ว่า ความหนาแน่นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตร

3.มโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่มองไม่เห็น เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ในการพยายามอธิบายคุณลักษณะของสิ่งบางสิ่งที่ไม่อาจสังเกตเห็นได้โดยตรง แต่มีหลักฐานบางประการสนับสนุนว่าเป็นไปได้ ตัวอย่างมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับสิ่งที่มองไม่เห็นในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่

3.1 มโนทัศน์ของอะตอมที่ว่า อะตอมประกอบไปด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

3.2 มโนทัศน์ของอิเล็กตรอนที่ว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้

3.3 มโนทัศน์ของแสงที่ว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 4) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concept) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือสถานการณ์นั้น ๆ เช่น

- ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย

- สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

2. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concept) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น

- อาหารให้พลังงาน ทำให้ร่างกายอบอุ่น

- ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concept) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุน แล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง เช่น

- น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

- โปรตีนเป็นสารอาหารที่อยู่ในเนื้อสัตว์

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษา สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการจำแนก (Classification concept) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการจำแนกแยะแยะหรือจัดประเภท

2. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concept) เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน

3. มโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎี (Theoretical concept) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างหรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนเพื่อใช้อ้างอิงในการอธิบายสิ่งนั้น ๆหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ

การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ชัยพร วิชาชาวุธ (2519, หน้า 6) กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากนักเรียนได้ประสบการณ์ซึ่งได้แก่ การเห็น การได้ยิน

2. เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว นักเรียนต้องสังเกตรายละเอียดปลีกย่อยของประสบการณ์และคิดเปรียบเทียบ เช่น รูปที่เห็นนั้นมีสีอะไร รูปร่างเป็นอย่างไร สิ่งของทั้งสองอย่างมีอะไรเหมือนกันและมีอะไรที่แตกต่างกัน

3. จากการสังเกตในข้อ 2 นักเรียนจะตั้งเป็นสมมติฐานว่ามโนทัศน์คืออะไร

4. นักเรียนทดสอบสมมติฐาน ถ้าผลปรากฏว่าถูกต้องก็จะคงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนถูก

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 31) กล่าวว่า รูปแบบการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะการเรียนรู้เริ่มต้นจากการสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นเบื้องแรก และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลาย ๆ ครั้ง นักเรียนก็จะสามารถนำมาสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สรุปรวมไว้นั้น ไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนชั้นสูง และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 204) ได้ให้แนวคิดว่า การสร้างมโนทัศน์มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะว่าการเรียนรู้เริ่มต้นจากการสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นเบื้องแรก และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่ลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลาย ๆ ครั้ง นักเรียนก็สามารถนำมาสรุปรวมกันเป็นมโนทัศน์ ซึ่งในการสร้างมโนทัศน์จะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. สภาพความพร้อมของนักเรียนทั้งสภาพร่างกาย จิตใจและสติปัญญา

2. ประสบการณ์และมโนทัศน์เดิมที่นักเรียนมีอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนระดับสูงมากยิ่งขึ้น

ออซูเบล (Ausubel, 1968, pp. 5-17) ได้สรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์และการแยกแยะความแตกต่างของกระบวนการของสิ่งเร้า

2. ตั้งสมมติฐานโดยพิจารณาลักษณะร่วมของส่วนย่อยในการแยกแยะนั้น

3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง ๆ

4. เลือกสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการรวมกันได้

5. หาลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับมโนทัศน์ของตน

6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่รับมาใหม่กับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อหาความสัมพันธ์กัน

7. สรุปครอบคลุมลักษณะจำเพาะของมโนทัศน์ใหม่ให้ครอบคลุมกับส่วนย่อยทั้งหมดในกลุ่มใหม่

8. หาสัญลักษณ์ทางภาษามาแทนมโนทัศน์ใหม่

จากการศึกษาการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาแต่ละท่านนั้น สรุปได้ว่า การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการรับรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆของนักเรียน แล้วนักเรียนสามารถสรุปได้ตามลักษณะของปรากฏการณ์นั้น ๆ ให้กลายเป็นมโนทัศน์ เพื่อนำไปใช้เป็นพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาของปรากฏการณ์ใหม่ให้ดียิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จำนง พรายแย้มแข (2516, หน้า 49-50) ได้เสนอหลักการสอนและวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. การที่เด็กจะเกิดมโนทัศน์หรือใช้มโนทัศน์ได้ดีนั้นจะเกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ ต้องอาศัยเวลานานพอสมควร ไม่ใช่จะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงอาทิตย์ เดือน หรือปี หมายความว่าต้องฝึกฝนกันเรื่อย ๆ ไปอย่างสม่ำเสมอ โดยหากำหนดที่แน่นอนไม่ได้ ดังนั้นครูต้องเริ่มจากสิ่งที่ง่ายที่อยู่ใกล้ตัวก่อน แล้วจึงค่อย ๆขยายวงกว้างให้ไกลตัวออกไป

2. ต้องคำนึกถึงความพร้อมของเด็ก ทั้งกาย จิตใจ และสติปัญญาเป็นสำคัญ ถ้าเด็กขาดความพร้อม ผลสำเร็จจะไม่เกิดขึ้นเลย

3. ต้องระลึกไว้เสมอว่า มโนทัศน์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นมาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอ คือต้องได้เคยเรียนรู้มาแล้วอย่างละเอียดถี่ถ้วยทุกแง่ทุกมุม

4. ในการสอนสิ่งใดก็ตาม ต้องมีตัวอย่างประกอบให้มาก รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ประกอบการสอนให้เหมาะสมกับเรียนนั้น ๆ

5. พยามยามให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง (Firsthand experience) ให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย เช่น พาเด็กไปศึกษานอกห้องเรียนกับสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้โดยตรงจริง ๆ กับต้นพืช สัตว์ หรือเรื่องดิน หินแร่ เป็นต้น

6. ในขณะเดียวกันสืบเนื่องจากข้อที่ 5 บางครั้งจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์รอง (Second hand experience) มาใช้ในการสอนบ้าง เพื่อให้เด็กเกิดประสบการณ์กับสิ่งที่ทดแทนของจริงบ้าง เช่น หุ่นจำลอง รูปภาพหรือสัญลักษณ์แทนสิ่งของต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริง ๆ ที่มนุษย์ไม่สามารถจะสัมผัสกับจริงได้ตลอดเวลา อาจจะพบแต่รูปภาพหรือหุ่นจำลอง ก็สามารถที่จะเรียนรู้ได้ด้วยวิธีทำให้เกิดความสัมพันธ์ทางความคิด (Association of ideas) ขึ้นเอง

7. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม หรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองได้มากที่สุด

8. ส่งเสริมให้เด็กรู้จักใช้ความคิดหาเหตุผลอยู่เสมอ โดยรู้จักสังเกตและแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัดจนได้ (Sense of discrimination)

9. พยายามขจัดวิธีการบอกหรือบรรยายด้วยปากเปล่าออกไปให้มากที่สุด เพราะอาจทำให้เด็กเกิดมโนภาพ เพื่อสร้างมโนทัศน์อย่างผิด ๆ ได้ง่าย ซึ่งปรากฏให้เห็นอยู่เสมอว่า ผู้ฟังมักปาฐกภามักจะสรุปหัวข้อสำคัญ (Concept) ได้ไม่ค่อยจะตรงกัน ในกรณีของการสอนก็เช่นกัน

วรวิทย์ วิศินสรากร (2517, หน้า 84) ได้เสนอแนะขบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า สร้างจากความจริงเฉพาะหลาย ๆ อย่าง โดยวิธีอุปมานจะได้หลักและกฎทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมา เมื่อได้กฎและหลักแล้วก็นำไปพิสูจน์โดยการทดลองดูเป็นการยืนยันว่าเป็นจริงหรือไม่ กระทำในหลาย ๆ วิธี ซึ่งเป็นวิธีอนุมาน นักเรียนก็จะเกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ อย่างถูกต้อง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 31) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. ใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน เพราะอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนจะทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้น ทำให้บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจนขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์นั้น ครูจะต้องเป็นผู้พิจารณาถึงความเหมาะสมกับบทเรียนและความสามารถของนักเรียน

2. การจัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียน ให้ได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย แต่การนำประสบการณ์รองมาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ขึ้นมาด้วยตนเองได้

3. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดตนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นเด่นชัดจะทำให้เขามีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น อันจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ต่อไป

4. เลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน ในการสอนสิ่งใดก็ตาม ครูจะต้องเป็นผู้พิจารณาเลือกวิธีสอน และจัดกิจกรรมต่าง ๆให้นักเรียน วิธีสอนบางวิธี เช่น วิธีการสอนแบบบรรยายควรนำมาใช้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้ผู้เกิดมโนทัศน์ที่จะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์อย่างผิด ๆ ได้ง่าย

นอกจากนี้ การสร้างมโนทัศน์ ครูควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวนักเรียนเสียก่อน ปัจจัยที่สำคัญดังกล่าว ได้แก่

1. ความพร้อมของนักเรียนทั้งกาย ใจ และสติปัญญา

2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียน ประสบการณ์ของนักเรียนที่มีอยู่เดิมนั้นจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ในระดับต่อไป ดังนั้นการที่นักเรียนมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอจะเป็นเครื่องมือช่วยให้เกิดมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น

3. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ซึ่งอาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง หรืออาจเป็นแรงกระตุ้นที่มีผลเนื่องมาจากเหตุผลทางจิตวิทยา เช่น การฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ การเรียนสิ่งที่ใกล้ตัว จากสิ่งที่ง่ายไปหาสิ่งที่ยาก หรือการเรียนในสิ่งที่นักเรียนสนใจ เหล่านี้จะเป็นแรงกระตุ้นที่ช่วยส่งเสริมการเกิดมโนทัศน์ของนักเรียน

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 206) ได้เสนอแนวทางการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. ครูควรสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในลักษณะที่น่าสงสัย ท้าทาย ยั่วยุให้นักเรียนแสวงหาความรู้

2. ครูสร้างคำถามเพื่อนำทางนักเรียนไปสู่การแก้ปัญหา เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คำถามประเภทให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์คาดคะเนคำตอบตามแนวทางของสมมติฐานและสรุปผล

3. ครูพยายามให้นักเรียนสรุปเป็นมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเองโดยอยู่ภายใต้การดูแลของครู

4. ครูควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนฝึกนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้นั้นไปแก้ปัญหาใหม่เพื่อเสริมสร้างเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนทัศน์นั้น ๆ อย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดให้ได้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์นั้น ๆได้ด้วยตนเอง ซึ่งครูต้องคำนึงถึงสถานภาพของนักเรียน การจัดประสบการณ์และแรงจูงใจตลอดจนการใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม

การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การสำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้นั้น จะช่วยให้ครูรู้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในเรื่องที่เรียนอย่างไร มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้องก่อนจัดการเรียนรู้ และเมื่อครูทำการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในสิ่งที่เรียนถูกต้องตามที่คาดหวังหรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาว่านักเรียนสามารถระบุ หรือเรียกชื่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ สามารถจำแนก คัดเลือก และยกตัวอย่างของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ รวมทั้งสามารถอธิบาย สรุปความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้จากความรู้ ความเข้าใจด้วยภาษาของตนได้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 205)

ลักษณะของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 21-29) อธิบายการสร้างข้อสอบเพื่อใช้วัดความรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เริ่มต้นจากการทำตารางวิเคราะห์ จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา เพื่อเป็นแนวทางการสร้างข้อสอบวัดพฤติกรรมของนักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ คำถามหรือปัญหา และคำตอบที่มีลักษณะเป็นตัวเลือกทั้งที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด ลักษณะข้อสอบที่นิยมใช้ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามเดี่ยว ข้อสอบแบบเลือกตอบที่ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันเพื่อการถามด้วยคำถามหลายข้อ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามหลายตอนหรือข้อสอบแบบผสมผสานที่มีทั้งให้เลือกตอบและเขียนตอบ

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 เป็นคำถามที่มีตัวเลือก 2 ข้อ หรือมากกว่า

ตอนที่ 2 เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนบอกเหตุผลการเลือกคำตอบตอนที่ 1

สำหรับการให้คะแนน การทำข้อสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

1. ให้คะแนนตอนที่ 1 เมื่อเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

2. ให้คะแนนตอนที่ 2 เมื่อบอกเหตุผลได้สอดคล้องกับการเลือกตอบตอนที่ 1

ซึ่งการทดสอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตอน ใช้ประเมินผลความสามารถด้านการคิดอย่างมีเหตุมีผล ความสามารถในการวิเคราะห์ และการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 205) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนว่า เมื่อครูได้ทำการสอนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งไปแล้ว สิ่งที่ครูอยากทราบก็คือนักเรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้และมีมโนทัศน์ในสิ่งที่ได้สอนไปแล้วนั้นถูกต้องตามที่คาดหวังหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถระบุหรือเรียกชื่อมโนทัศน์นั้นได้

2. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้

3. สามารถจำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้

4. สามารถอธิบาย รวมถึงสรุปความหมายของมโนทัศน์นั้นได้จากความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยภาษาของตนเองได้

จากการศึกษาลักษณะของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยประยุกต์ใช้ลักษณะของแบบทดสอบมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1

เป็นคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ เป็นมโนทัศน์หลัก และ ส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยในการเลือกตอบคำถามในส่วนที่ 1 เป็นมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสอดคล้องกับการเลือกคำตอบ

การจัดกลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้จัดแบ่งกลุ่มมโนทัศน์หรือกำหนดลักษณะของกลุ่มมโนทัศน์ไว้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งอาจจะมีทั้งเหมือนและแตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 4 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

บริคเฮ้าส์, แดเจอร์, เล็ตส์ และชิพเมิน (Brickhouse, Dagher, Letts & Shipmen, 2000) ได้แบ่งกลุ่มมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2. มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์หรือไม่ครบถ้วน

3. มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Limited understanding: LU) หมายถึง คำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีมโนทัศน์ถูกต้องและบางองค์ประกอบที่มีมโนทัศน์ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4. มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจมโนทัศน์นั้น ๆ

ไฮดาร์ และอับราฮัม (Haidar & Abraham, 1991) ได้แบ่งกลุ่มมโนทัศน์เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไม่มีมโนทัศน์ (No understanding: NU) หมายถึง ไม่ตอบ ตอบว่าไม่รู้ไม่เข้าใจ ตอบโดยการเขียนทวนคำถาม

กลุ่มที่ 2 มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Alternative conceptions: AC) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความพยายามที่จะอธิบาย แต่ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 3 มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 4 มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

มาเรค, อูแบงส์ และ เกลเบอร์ (Marek, Eubanks & Gallaber, 1990) ได้แบ่งกลุ่มมโนทัศน์เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มโนทัศน์ถูกต้อง (Sound understanding) หมายถึง คำตอบแสดงถึงว่าเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding) หมายถึง คำตอบแสดงถึงว่าเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 3 มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Limited understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงว่าเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน และมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 4 มโนทัศน์ไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจมโนทัศน์นั้น ๆ

2. การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 5 กลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

เวสต์บรู๊ค และมาเร็ค (Westbrook & Marek, 1992) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Scientific understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

2. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลบางส่วนได้สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีคำอธิบายที่ผิดไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding and misconception: PU/ MU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วนแต่มีคำอธิบายบางส่วนผิดไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนหรือไม่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (Misconception, specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหคุผลไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5. ไม่มีมโนทัศน์หรือไม่ตอบคำถาม (Without answer, no conception, no understanding: NU) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ทวนคำถาม หรือไม่ได้อธิบายเหตุผล

จากการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำสาระที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสร้างแบบทดสอบ

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1. คำตอบของนักเรียนถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

2. คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง ให้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยประกอบในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนจากการแบ่งกลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของเวสต์บรู๊ค และมาเร็ค (Westbrook & Marek, 1992) ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Scientific understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ให้ 3 คะแนน

2. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลบางส่วนได้สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีคำอธิบายที่ผิดไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้ 2 คะแนน

3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding and misconception: PU/ MU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วนแต่มีคำอธิบายบางส่วนผิดไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ให้ 1 คะแนน

4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนหรือไม่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (Misconception, specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหคุผลไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ให้ 0 คะแนน

5. ไม่มีมโนทัศน์หรือไม่ตอบคำถาม (Without answer, no conception, no understanding: NU) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ทวนคำถาม หรือไม่ได้อธิบายเหตุผล ให้ 0 คะแนน

ซึ่งแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ชนิดนี้ทำให้ทราบถึงมโนทัศน์ของนักเรียนในการตอบคำถามและยังสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้อีกด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ขึ้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา โดยกำหนดกรอบคำตอบของนักเรียนด้วยการจำแนกมโนทัศน์ของนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม ตามลักษณะการแบ่งกลุ่มมโนทัศน์ของเวสต์บรู๊ค และมาเร็ค เนื่องจาก

สามารถแบ่งระดับมโนทัศน์ได้อย่างละเอียดและชัดเจน ซึ่งทำให้ครูผู้สอนสามารถประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ยังส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนด้วย

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ความหมายของโจทย์ปัญหา

ดิวอี้ (Dewey, 1980) ได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาว่าเป็นสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความงงงวยและท้าทายความคิด โดยผู้ที่เผชิญกับปัญหาจะต้องวิเคราะห์หาข้อเท็จจริง ค้นหาวิธีแก้ปัญหา พิจารณาความถูกต้อง ความเป็นจริงจากโจทย์ปัญหา โดยอาศัยความสมเหตุสมผลจากข้อมูลที่มีอยู่ และต้องตัดสินเลือกวิธีการแก้ปัญหานั้น

กรมวิชาการ (2545, หน้า 1) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาไว้ว่าเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อความเข้าใจและเพิ่มเติมเนื้อหาบางส่วนที่ช่วยให้นักเรียนได้ปฏิบัติและนำความรู้ไปใช้ได้อย่างแม่นยำ ถูกต้อง และคล่องแคล่ว

หน่วยศึกษานิเทศก์ (2545, หน้า 70) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาไว้ว่าเป็นโจทย์ที่มีข้อความเป็นภาษาหนังสือ หรือโจทย์ที่เป็นเรื่องราว หรือโจทย์ที่เป็นคำพูดที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันทีทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลข เพื่อใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจลงมือแก้ปัญหาเอง โดยจะต้องแปลความหมาย วิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ

สุนีย์ เงินยวง (2546, หน้า 9) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบ ซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณหรือการอธิบายเหตุผล ซึ่งการหาคำตอบนั้นต้องใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์หลายอย่างมาประมวลเข้าด้วยกัน จึงจะหาคำตอบได้

จากการศึกษาความหมายของโจทย์ปัญหาสามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาเป็นสถานการณ์หรือข้อคำถามที่ประกอบด้วยตัวเลขและข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยในการแก้ปัญหาจะต้องอาศัยกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และประสบการณ์ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เน้นการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ดังนั้นโจทย์ปัญหาในงานวิจัยนี้จึงหมายถึง สถานการณ์หรือข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาทางฟิสิกส์ที่ประกอบด้วยจำนวนตัวเลขและข้อความ เพื่อฝึกวิธีการคิด การวิเคราะห์ ที่เป็นกระบวนการในการหาคำตอบ

ประเภทของโจทย์ปัญหา

โพลยา (Polya, 1980) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นหา เป็นปัญหาให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎีหรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการค้นหา ข้อมูลที่กำหนด และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาที่ได้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐานหรือสิ่งที่กำหนด และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์

สมเดช บุญประจักษ์ (2543, หน้า 2) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็น 2 ประเภท โดยใช้ตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของผู้แก้ปัญหาเป็นเกณฑ์ ได้แก่

1. ปัญหาธรรมดา (Routine problems) เป็นปัญหาที่ต้องให้ประยุกต์ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ มักเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างและวิธีการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาสามารถแก้ได้ทัน

2. ปัญหาแปลกใหม่ (No routine problems) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน และผู้แก้ปัญหาไม่คุ่นเคยกับปัญหานั้น ผู้แก้ปัญหาต้องประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกัน จึงจะแก้ปัญหานั้นได้

จากการศึกษาประเภทของโจทย์ปัญหาสามารถสรุปได้ว่า ประเภทของโจทย์ปัญหาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โจทย์ปัญหาที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่ไม่ยุ่งยากมากนัก ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนมีความคุ้นเคย เข้าใจในวิธีการแก้ปัญหาและสามารถแก้ปัญหานั้นได้ทันที

2. โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนต้องอาศัยความสามารถและกระบวนการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา

สุวร กาญจนมยูร (2533, หน้า 3-4) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. ภาษา ได้แก่

1.1 ทักษะการอ่าน หมายถึง การอ่านต้องคล่อง ชัดเจน รู้จักแบ่งวรรคตอนได้ถูกต้อง ไม่ว่าจะอ่านในใจหรืออ่านออกเสียง

1.2 ทักษะการจับใจความ หมายถึง เมื่ออ่านข้อความของโจทย์แล้วสามารถแบ่งข้อความของโจทย์ได้ว่าตอนใดเป็นข้อความของโจทย์ที่กำหนดให้ และข้อความตอนใดเป็นสิ่งที่โจทย์ถาม หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

1.3 รู้จักใช้ความหมายของคำให้ถูกต้อง ตามเจตนารมณ์ของโจทย์ปัญหา ครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของคำต่าง ๆ ให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน และทบทวนความหมายของคำที่เรียนเสมอ

2. ความเข้าใจ ได้แก่

2.1 ทักษะการจับใจความ กล่าวคือ อ่านโจทย์หลาย ๆ ครั้ง แล้วสามารถจับใจความได้ว่าเป็นเรื่องอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง โจทย์ต้องการทราบอะไร

2.2 ทักษะการตีความ กล่าวคือ อ่านโจทย์ปัญหา ความสามารถในการตีความหรือแปลความ

2.3 ทักษะการแปลความหมาย กล่าวคือ จากประโยคที่แปลความจากโจทย์ปัญหานั้นสามารถสร้างโจทย์ปัญหาในลักษณะเดียวกันได้อีก

3. ทักษะการคิดคำนวณ ได้แก่

3.1 ทักษะการบวกจำนวน

3.2 ทักษะการลบจำนวน

3.3 ทักษะการคูณจำนวน

3.4 ทักษะการหารจำนวน

3.5 ทักษะการยกกำลัง

3.6 ทักษะการแก้สมการ

4. การย่อความและสรุปความ

4.1 ทักษะในการย่อความ เพื่อเขียนข้อความจากโจทย์ปัญหาในลักษณะย่อความได้รัดกุม ชัดเจน ครบถ้วนตามประเด็น

4.2 ทักษะในการสรุปความ หมายถึง สามารถสรุปความจากสิ่งที่กำหนดให้มา เป็นความรู้ใหม่ได้ถูกต้อง และสามารถเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างชัดเจน รัดกุม และสื่อความแก่ผู้ตรวจสอบในการแสดงวิธีทำข้อนั้น

5. การฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่

5.1 ฝึกทักษะตามตัวอย่าง

5.2 ฝึกทักษะจากการแปล

5.3 ฝึกทักษะจากหนังสือเรียน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2539, หน้า 81-81) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถด้านนี้ คือ ทักษะการอ่านและการฟัง โดยแยกแยะประเด็นสำคัญว่าปัญหากำหนดอะไรมาให้ และต้องการให้หาอะไร มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็น และไม่จำเป็นต้องรู้ ศัพท์ นิยาม มโนมติ และข้อเท็จจริง ซึ่งสามารถนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เกิดจากการฝึกทักษะการแก้ปัญหาอยู่บ่อย ๆ จนกระทั่งมีความชำนาญกับรูปแบบการแก้ปัญหา ดังนั้นเมื่อเผชิญปัญหาใหม่ก็จะสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเทียบเคียง เมื่อพิจารณาว่าปัญหาใหม่นั้นมีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาที่ตนเองคุ้นเคยมาก่อนบ้างหรือไม่ สามารถใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหาใหม่นี้ ถ้านักเรียนมีความสามารถด้านนี้ นักเรียนจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและความสามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผล แม้ว่านักเรียนจะแก้ปัญหาได้ แต่ถ้าการคำนวณผิดพลาดก็ถือว่าการแก้ปัญหาไม่ประสบผลสำเร็จ สำหรับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผล นักเรียนต้องอาศัยทักษะพื้นฐานในการเขียนและการพูด มีความเข้าใจในกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

4. แรงขับ เนื่องจากปัญหาเป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ ต้องอาศัยความสามารถสูง ดังนั้น นักเรียนจึงต้องอาศัยแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ได้แก่ เจตคติ ความสนใจ อัตมโนทัศน์ หรือแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ความยืดหยุ่น ผู้แก้ปัญหาที่ดีจะต้องยืดหยุ่นในการคิด ไม่ยึดติดรูปแบบที่คุ้นเคย ยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ ๆ เพราะความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความเข้าใจ ทักษะ และความสามารถในการแก้ปัญหา แรงขับที่มีอยู่จะเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาใหม่

กรมวิชาการ (2539, หน้า 262) กล่าวถึง องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา ไว้ดังนี้

1. การมองภาพ หมายถึง ผู้ที่จะแก้ไขปัญหาจะต้องมองทะลุและกว้างไกล มองเห็นแนวทางที่จะคิดแก้ปัญหา

2. การจินตนาการ ในการคิดแก้ปัญหานั้นจะต้องรู้จักจินตนาการว่าควรเป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหา

3. การจัดทำอย่างมีทักษะ เมื่อมองเห็นแนวทางแล้วก็ลงมือทำอย่างมีระบบ เป็นขั้นตอนด้วยความชำนาญ

4. การวิเคราะห์ จะต้องรู้จักวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่กระทำนั้น

5. การสรุป เมื่อลงมือกระทำจนมองเห็นรูปแบบแล้วก็สามารถสรุปได้

ฉวีวรรณ เศวตมาลย์ (2544, หน้า 10-21) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. การลองผิดลองถูก

2. การใช้อุปกรณ์ ตัวอย่าง หรือการร่าง

3. การค้นหารูปแบบ

4. การแสดงออกมา

5. การทำรายการ ตาราง หรือแผนภูมิ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544 ก, หน้า 7-10) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไว้ดังนี้

1. วิธีการเดาและการตรวจสอบ

2. วิธีเขียนภาพ เขียนแผนภูมิ และสร้างแบบจำลอง

3. วิธีสร้างตาราง

4. วิธีใช้ตัวแปร

5. วิธีค้นหารูปแบบ

6. วิธีการให้เหตุผลทางตรง

7. วิธีย้อนกลับ

8. วิธีสร้างปัญหาใหม่ สามารถแยกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

8.1 วิธีนึกถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกัน

8.2 วิธีแก้ปัญหาที่ง่ายกว่า

8.3 วิธีกำหนดเป้าหมายตรง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหานั้นมีหลากหลายวิธี ซึ่งต้องฝึกให้นักเรียนรู้จักขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีระบบ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนหาวิธีการแก้ปัญหา ปฏิบัติตามแผน และตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยวิธีการต่าง ๆ มาช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

ดิวอี้ (Dewey, 1980, p. 130) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) เป็นขั้นการตั้งปัญหาหรือค้นหาปัญหาว่าปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์นั้น ๆ คืออะไรหรือค้นหาข้อมูลที่แท้จริงของปัญหานั้น

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analysis) เป็นขั้นการพิจารณาดูว่าสิ่งใดบ้างเป็นสาเหตุที่สำคัญหรือมีสิ่งใดบ้างไม่ได้เป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหา

3. ขั้นในการเสนอแนวทางในการคิดแก้ปัญหา (Production) เป็นขั้นที่เสนอวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา ในที่สุดก็จะได้ผลลัพธ์ออกมา

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Verification) เป็นขั้นในการเสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์จากการเสนอวิธีคิดแก้ปัญหา ถ้าพบว่าผลลัพธ์นั้นยังไม่ถูกต้องก็ต้องเสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่จนได้ผลลัพธ์ใหม่จนกว่าจะได้วิการที่ดีที่สุด

5. ขั้นในการนำไปประยุกต์ใหม่ (Reapplication) หมายถึง การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสต่อไป เมื่อพบกับเหตุการณ์หรือปัญหาที่คล้ายคลึง

โพลยา (Polya, 1980, p. 16) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) มีความเข้าใจในปัญหาอย่างกระจ่างแจ้งว่ามีปัญหาอะไร มีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น สามารถระบุได้ว่าเป็นปัญหาที่ให้ค้นหาหรือพิสูจน์ พร้อมทั้งยกส่วนสำคัญของปัญหาออกได้โดยเฉพาะส่วนที่เป็นปัญหาที่ต้องการและส่วนที่เป็นปัญหาที่กำหนดให้

ขั้นที่ 2 วางแผน (Devising a plan) ต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวางแผน อาจใช้การทดลอง ลองผิดลองถูก ค้นหารูปแบบที่คล้ายกับที่เคยทำมาโดยผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่แล้ว กำหนดเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การลงมือกระทำตามแผน (Carrying out the plan) โดยใช้ทักษะที่เคยเรียนรู้มาแล้ว รวมถึงการอธิบายขั้นตอนการหาคำตอบ ถ้าไม่สามารถที่จะแก้ปัญหาได้ ต้องหาสาเหตุและใช้ข้อมูลที่เกิดจากความผิดพลาดครั้งก่อนในการแก้ปัญหาครั้งใหม่

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ (Looking back) ในการพิจารณาว่าการแก้ปัญหาครั้งนี้ได้คำตอบที่ครบถ้วน เป็นคำตอบที่สามารถเป็นไปได้หรือไม่ อย่างไร ทำให้เกิดการปรับปรุงและการพัฒนากระบวนการได้ดียิ่งขึ้น

ครูลิค และรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1996) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาประกอบด้วย 5 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and think)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหาจากการอ่านโจทย์ปัญหาโดยอาศัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความจริงของข้อมูล ได้รับการตรวจสอบและประเมินค่า เกิดการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของผู้อ่านเอง มีการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ มีการอธิบายองค์ประกอบของปัญหาและตรวจสอบสถานการณ์ของปัญหา เกิดความเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ ของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore)

ปัญหาจะถูกวิเคราะห์โดยระบุว่าข้อมูลจากปัญหานั้นเพียงพอที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือไม่ หรือว่ามีข้อมูลมากเกินไป โดยข้อมูลที่ไม่ตรงจะถูกกำจัด ข้อมูลถูกจัดกระทำในรูปตาราง การวาดภาพ แบบจำลอง และรูปแบบอื่น ๆ จากนี้ก็มีการสำรวจรูปแบบสำหรับการที่จะหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Select a strategy)

เป็นกระบวนการตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการใดจึงจะดีที่สุดในการแก้ปัญหาครั้งนี้ โดนคำนึงถึงความเหมาะสมของปัญหานั้น ๆ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นหัวใจของการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an answer)

ในขั้นนี้จะเป็นการใช้ทักษะวิธีการที่เหมาะสมในทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา โดยอาจมีการใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องคิดเลข หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend)

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบว่าถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการหรือไม่ โดยในขั้นนี้จะต้องพิจารณาถึงการคำนวณที่ถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ การคิดหาคำตอบอย่างสร้างสรรค์ และการอภิปรายถึงแนวทางอื่น ๆ ที่อาจนำมาใช้ในการหาคำตอบ การขยายผลของคำตอบและการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่สนใจเพิ่มเติม

ทิศนา แขมมณี (2544, หน้า 149) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. ระบุปัญหา
2. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
3. แสวงหาทางแก้ปัญหาหลาย ๆทาง
4. เลือกทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
5. ลงมือดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่เลือกไว้
6. รวบรวมข้อมูล

7. ประเมินผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544 ข, หน้า 191-192) ได้สรุปขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ว่า ในการเริ่มต้นพัฒนานักเรียนให้มีทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา ครูจะต้องสร้างพื้นฐานให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอน แล้วจึงฝึกทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งมีกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาอีก 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ

ในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอนนั้น ต้องอาศัยทักอื่น ๆ ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกหลายประการ เช่น ทักษะการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา ซึ่งนักเรียนควรแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร หรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เรียนรู้มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้การเขียนรูป หรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น ในบางปัญหาอาจใช้ทักษะในการประมาณค่า คาดการณ์ หรือคาดคะเนคำตอบประกอบด้วย ครูจะต้องหาวิธีฝึกวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้ให้มาก

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณ หรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการพิสูจน์หรืออธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณ หารประมาณคำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่หาได้โดยอาศัยความรู้สึกเชิงจำนวน (Number sense) หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (Spatial sense) ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการแก้โจทย์ดังกล่าว จะมีความคล้ายคลึงกัน เพียงแต่จะมีการแจกแจงเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

การสอนแก้โจทย์ปัญหา

น้อมศรี เคท (2537, หน้า 19-23) ได้กล่าวถึงการสอนแก้โจทย์ปัญหาให้ได้ผลดี ซึ่งครูควรคำนึงถึงหลักการดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา ครูควรสอนให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ว่าโจทย์แต่ละข้อนั้นกำหนดสิ่งใดให้บ้าง และโจทย์ต้องการทราบอะไร สิ่งที่โจทย์กำหนดให้นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

2. การเขียนประโยคสัญลักษณ์ เมื่อนักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้แล้ว ขั้นต่อไปนักเรียนควรมีความสามารถในการเขียนประโยคสัญลักษณ์

3. ใช้สื่อการสอนประกอบการจัดการเรียนรู้

4. ความสามารถในการอ่าน สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ได้คือ นักเรียนขาดทักษะในการอ่าน เนื่องจากโจทย์ปัญหาประกอบด้วยข้อความและตัวเลข ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะในการอ่าน สามารถเข้าใจความหมายของศัพท์ต่าง ๆ และสามารถตีความว่าโจทย์กำหนดสิ่งใดให้ และต้องการทราบอะไร

5. ทักษะการคำนวณ ในการแก้โจทย์ปัญหานอกจากนักเรียนจะมีความสามารถในการอ่านโจทย์ เข้าใจสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะในการคำนวณอีกด้วย การมีทักษะในการคำนวณคือการที่นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณ หาร แก้สมการได้อย่างถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว

6. การประมาณคำตอบ ครูสอนให้นักเรียนรู้จักประมาณคำตอบในเรื่องโจทย์ปัญหา

7. การแก้ปัญหาหลายวิธี ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาคนบางคนอาจใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆกันไป ถึงแม้ว่าปัญหานั้นเหมือนกันและวิธีการต่าง ๆ นั้นนำไปสู่คำตอบเดียวกัน การแก้โจทย์ปัญหาก็เช่นเดียวกัน นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาข้อเดียวกัน แต่อาจจะใช้คนละขั้นตอน

ต่าง ๆ กัน แต่ทั้งสองคนสามารถคิดหาคำตอบเดียวกัน

8. การเลือกโจทย์ปัญหา ในการเลือกโจทย์ปัญหาเพื่อนำไปสอนนักเรียน ครูควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

8.1 สอดคล้องกับเรื่องที่กำลังเรียน

8.2 สถานการณ์ในโจทย์ปัญหาควรเป็นเรื่องที่สามารถใช้สื่อเป็นของจริงหรือของจำลองประกอบการสอน

8.3 เนื้อเรื่องในโจทย์ควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

8.4 ภาษาที่ใช้ควรเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน และไม่ควรใช้ถ้อยคำฟุ่มเฟือย

กรมวิชาการ (2545, หน้า 11) กล่าวถึงสิ่งที่ครูควรคำนึงถึงการจัดการเรียนการสอนโจทย์ปัญหา คือ

1. นักเรียนจะต้องฝึกทักษะในการคิดคำนวณ และการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง ครูอาจชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดต่อไปด้วยตนเอง มิใช่ได้จากการบอกเล่าของครูหรือคัดลอกแบบฝึกหักของผู้อื่น

2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความสำเร็จในการแก้ปัญหา

3. โจทย์ปัญหาควรมีลักษณะแตกต่างกัน และสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยให้นักเรียนได้มีทักษะในการคิด และนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

4. โจทย์ปัญหาแต่ละข้ออาจมีวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธี

จากแนวคิดดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าในการสอนแก้โจทย์ปัญหานั้น ครูมีบทบาทสำคัญในการฝึกให้นักเรียนมีทักษะในด้านการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้วิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาได้หลากหลายวิธี และสามารถตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

การทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ลักษณะของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จรูญ จียโชค (2531, หน้า 17-19) ได้เสนอรูปแบบการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ดังนี้

1. ขั้นการอ่านเพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องอ่านโจทย์และตอบคำถามของครูให้ได้ว่า

- โจทย์ต้องการทราบว่าอะไร
- โจทย์กำหนดอะไรบ้าง

- สิ่งที่ต้องการหาคืออะไร

- ส่วนใดในโจทย์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

- ส่วนในใจโจทย์ไม่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

2. ขั้นกำหนดทางเลือกที่ดีที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนระบุได้ว่า

- โจทย์นี้ต้องทำกี่ขั้นตอน

- จะต้องทำขั้นตอนใดก่อน/ ขั้นตอนใดหลัง

- วิธีทำโจทย์ข้อนี้คล้ายกับที่เคยพบ/ เคยทำมาแล้วบ้างหรือไม่

- โจทย์ข้อนี้หาคำตอบได้กี่วิธี

- วิธีใดบ้างเป็นวิธีที่ง่ายและคิดหาคำตอบได้เร็วที่สุด

- ให้ผู้เรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์

3. ขั้นการคิดคำนวณ นักเรียนจะต้องใช้ความสามารถในการคิด ในขั้นตอนนี้ คือ

- การกะประมาณคำตอบที่ใกล้เคียง

- การใช้ภาษที่กะทัดรัดประกอบการแก้โจทย์ปัญหา

- ทักษะการคิดคำนวณ

4 ขั้นการตรวจสอบคำตอบ พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงในขั้นตอนนี้ คือ

- ตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ

- การปรับปรุงคำตอบให้สมบูรณ์

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง (2544 หน้า 68-70) ได้เสนอรูปแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาสำหรับผู้เรียนไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

หลังอ่านโจทย์แล้วจะต้องบอกได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาใช้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 2 วางแผน

ใช้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

ขั้นที่ 3 ดำเนินงานตามแผน

ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนแผนภาพ เขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิต หรือแสดงทักษะทางด้านการคำนวณ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลงาน

การพิจารณาความสมเหตุสมผลของการสรุปความหมายของคำตอบ

จากการพิจารณาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ที่มีผู้วิจัยหลายท่านสร้างขึ้น พบว่าแบบทดสอบส่วนใหญ่จะเป็นแบบอัตนัย โดยลักษณะของแบบทดสอบจะไปตามขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (อรพินท์ ชื่นชอบ, 2549, หน้า 49) ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

2 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน

1 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องครบถ้วน

0 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

2 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

1 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

0 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

2 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่คำตอบผิดหรือไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบ

0 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

2 คะแนน เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน

1 คะแนน เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้แต่ไม่สมบูรณ์

0 คะแนน เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ทักษะกระบวนการในการหาคำตอบให้กับสถานการณ์หรือข้อคำถามที่ประกอบด้วยตัวเลขและข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยในการแก้ปัญหาจะต้องอาศัยกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และประสบการณ์ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำความรู้ไปสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาเพื่อดำเนินการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาในข้อนั้น ๆ

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ความหมายของเจตคติ

ซิมบาร์โด (Zimbado, 1971, pp. 19-20) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความพึงพอใจ ความชอบและไม่ชอบที่บุคคลมีต่อบุคคล กลุ่ม สังคม สถานการณ์ วัตถุ หรือแนวคิด และถ้ามีสถานการณ์ใด ๆ เกิดขึ้น เพียงแต่มีความรู้สึกต่อสิ่งนั้นโดยไม่จำเป็นต้องร่วมมือกันก็ได้ชื่อว่ามีเจตคติต่อสิ่งนั้น

กู๊ด (Good, 1973, p. 49) ได้ให้ความหมายขอเจตคติว่า เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีความคิดเห็นต่อสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ในลักษณะของความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยต่อสิ่งต่าง ๆ

พรรณี ช.เจนจิต (2538) ได้ให้ความหมายเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกทั้งที่พอใจและไม่พอใจที่บุคคลมีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งมีอิทธิพลทำให้บุคคลตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 54) กล่าวถึงความหมายของเจตคติว่า เป็นความรู้สึกเชื่อ ศรัทธาต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด จนเกิดความพร้อมที่จะแสดงการกระทำออกมา ซึ่งอาจจะไปในทางดีหรือไม่ดีก็ได้ เจตคติยังไม่เป็นพฤติกรรมแต่เป็นตัวการที่จะทำให้เกิดพฤติกรรม ดังนั้นเจตคติจึงเป็นคุณลักษณะของความรู้สึกที่ซ่อนเร่นอยู่ภายในใจ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2551, หน้า 243) ได้กล่าวไว้ว่า เจตคติเป็นเรื่องของความชอบ ความไม่ชอบ ความคิดเห็น ความรู้สึก ความเชื่อฝังใจของเราต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด มักจะเกิดขึ้นเมื่อเรารับรู้หรือประเมินผู้คน เหตุการณ์ในสังคม เราจะเกิดอารมณ์ ความรู้สึกบางอย่างควบคู่ไปกับการรับรู้นั้น และมีผลต่อความคิด และปฏิกิริยาในใจของเรา ดังนั้นเจตคติจึงเป็นพฤติกรรมภายนอกที่อาจสังเกตได้ หรือพฤติกรรมภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยง่าย แต่มีความโน้มเอียงที่จะเป็นพฤติกรรมภายในมากกว่าพฤติกรรมภายนอก

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดที่อยู่ภายในใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ โดยผ่านการเรียนรู้ ประสบการณ์ ซึ่งความรู้สึก ความคิดเห็นอาจจะมีแนวโน้มไปในทางบวก คือ มีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะที่พึงพอใจ เห็นด้วย หรืออาจจะมีแนวโน้มไปในทางลบ คือ มีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะที่ไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย ไม่สนใจ หรืออาจมีเจคติที่เป็นกลาง คือ มีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะที่รู้สึกเฉย ๆ ไม่รัก ไม่ชอบ

ลักษณะของเจตคติ

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ และอนุสรณ์ สกุลคู (2522, หน้า 76) ได้กล่าวถึงลักษณะของเจตคติไว้ดังนี้

1. เจตคติเชิงนิมาน เป็นการแสดงออกในลักษณะความพึงพอใจ เห็นด้วย สนับสนุน ปฏิบัติด้วยความพึงพอใจ

2. เจตคติเชิงนิเสธ เป็นการแสดงออกในลักษณะตรงข้ามกับเจตคติเชิงนิมาน

3. เจตคติเป็นกลาง เป็นการแสดงออกในลักษณะกลาง ๆ ไม่เข้าข้างใดข้างหนึ่ง เช่น รู้สึกเฉย ๆ คือไม่ถึงกับชอบ หรือเกลียด เป็นต้น

สงวน สุทธิเลิศอรุณ (2529) กล่าวถึงลักษณะของเจตคตินั้นมีอยู่ 2 มิติ คือ

1. ทิศทาง (Direction) มีอยู่ 2 ทิศทาง คือ ทางบวกและทางลบ ซึ่งทางบวก ได้แก่ ความรู้สึกหรือท่าทีในทางที่ดี ชอบหรือพึงพอใจ เป็นต้น ส่วนทางลบก็จะเป็นไปในทางตรงกันข้าม ได้แก่ ความรู้สึกหรือท่าทีในทางที่ไม่มี ไม่ชอบ หรือไม่พอใจ

2. ความเข้ม (Magnitude) มีอยู่ 2 ขนาด คือ ความเข้มมากและความเข้มน้อย ถ้าบุคคลที่มีเจตคติที่มีความเข้มมากจะเป็นอุปสรรคในการเปลี่ยนแปลงเจตคติ

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2549, หน้า 1) ได้กล่าวไว้ว่า เจตคติเป็นความรู้สึกที่บ่งบอกลักษณะทางจิตใจอารมณ์ของบุคคล ซึ่งอาจเป็นลักษณะที่ไม่แสดงออกมาภายนอกให้บุคคลอื่นเห็นหรือเข้าใจก็ได้ ซึ่งลักษณะทั่วไปที่สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. เจตคติเป็นเรื่องของอารมณ์ (Feeling) อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามเงื่อนไข หรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคคลจะมีการกระทำที่แสแสร้งโดยแสดงออกไม่ให้ตรงกับความรู้สึกของตน เมื่อเขารู้ตัวหรือรู้ว่ามีคนสังเกต

2. เจตคติเป็นเรื่องเฉพาะตัว (Typical) ความรู้สึกของบุคคลอาจเหมือนกัน แต่รูปแบบการแสดงออกแตกต่างกันไป หรืออาจมีการแสดงออกที่เหมือนกัน แต่ความรู้สึกต่างได้

3. เจตคติมีทิศทาง (Direction) เป็นการแสดงออกของความรู้สึกที่สามารถแสดงออกได้ 2 ทิศทาง เช่น ทิศทางบวกเป็นทิศทางที่สังคมปรารถนา และทิศทางลบเป็นทิศทางที่สังคมไม่ปรารถนา ได้แก่ ซื่อสัตย์-คดโกง รัก-เกลียด ชอบ-ไม่ชอบ ขยัน-ขี้เกียจ เป็นต้น

4. เจตคติมีความเข้มข้น (Intensity) ซึ่งความรู้ของบุคคลซึ่งอาจเหมือนกันในสถานการณ์เดียวกัน แต่อาจแตกต่างกันในเรื่องความเข้มที่บุคคลรู้สึกมากน้อยต่างกัน เช่น รักมาก รักน้อย ขยันมาก ขยันน้อย เป็นต้น

5. เจตคติต้องมีเป้า (Target) ความรู้สึกจะเกิดขึ้นลอย ๆ ไม่ได้ เช่น รักพ่อแม่ ขยันเข้าชั้นเรียน ขี้เกียจทำการบ้าน เป็นต้น

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2551, หน้า 249) ได้กล่าวไว้ว่า เจตคติมีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. เจตคติ เกิดจากประสบการณ์ สิ่งเร้าต่าง ๆ รอบตัว บุคคล การเลี้ยงดู การเรียนรู้ ขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดเจตคติ แม้ว่าประสบการณ์ที่เหมือนกัน ก็จะมีเจตคติที่แตกต่างกันไปด้วยสาเหตุหลายประการ เช่น สติปัญญา อายุ เป็นต้น

2. เจตคติ เป็นการตระเตรียมความพร้อมในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า การเตรียมความพร้อมภายในจิตใจมากกว่าภายนอกที่จะสังเกตได้ สภาวะความพร้อมที่จะตอบสนองมีลักษณะที่ซับซ้อนของบุคคลที่จะชอบหรือไม่ชอบ ยอมรับหรือไม่ยอมรับ และจะเกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ด้วย เป็นสิ่งที่อธิบายไม่ค่อยจะได้ และบางครั้งไม่ค่อยมีเหตุผล

3. เจตคติ จะมีทิศทางของการประเมิน ทิศทางของการประเมิน คือ ลักษณะความรู้สึกหรืออารมณ์ที่เกิดขึ้น ถ้าเป็นความรู้สึกหรือการประเมินว่าชอบ พอใจ เห็นด้วย ก็คือเป็นทิศทางในทางที่ดี เรียกว่า เป็นทิศทางในทางบวก และถ้าการประเมินออกมาในทางไม่ดี เช่น ไม่ชอบ ไม่พอใจ ก็มีทิศทางในทางลบ เจตคติทางลบไม่ได้หมายความว่าไม่ควรมีเจตคตินั้น แต่เป็นเพียงความรู้สึกในทางไม่ดี เช่น เจตคติในทางลบต่อการคดโกง การเล่นการพนัน

4. เจตคติ มีความเข้ม คือ มีปริมาณมากน้อยของความรู้สึก ถ้าชอบมาก หรือไม่เห็นด้วยอย่างมาก ก็แสดงว่ามีความเข้มสูง ถ้าไม่ชอบเลยหรือเกลียดที่สุด ก็แสดงว่ามีความเข้มสูงไปอีกทางหนึ่ง

5. เจตคติ มีความคงทน เป็นสิ่งที่บุคคลยึดมั่นถือมั่น และมีส่วนในการกำหนดพฤติกรรมของคนนั้น การยึดมั่นในเจตคติต่อสิ่งใดทำให้การเปลี่ยนแปลงเจตคติเกิดขึ้นได้ยาก

6. เจตคติ มีทั้งพฤติกรรมภายในและภายนอก พฤติกรรมภายในเป็นสภาวะทางจิตใจซึ่งหากไม่ได้แสดงออก ก็ไม่สามารถจะรู้ได้ว่าบุคคลนั้น มีเจตคติอย่างไรในเรื่องนั้น เจตคติที่เป็นพฤติกรรมภายนอกจะแสดงออก เนื่องจากถูกกระตุ้น และการกระตุ้นนี้ยังมีสาเหตุอื่น ๆ ร่วมอยู่ด้วย เช่น บุคคลแสดงความไม่ชอบด้วยการดุด่าคนอื่น นอกจากไม่ชอบคนนั้นแล้วอาจจะเป็นเพราะถูกท้าทายก่อน

7. เจตคติ ต้องมีสิ่งเร้าจึงมีการตอบสนอง แต่ก็ไม่จำเป็นว่าเจตคติที่แสดงออกจากพฤติกรรมภายใน และพฤติกรรมภายนอกจะตรงกัน เพราะก่อนแสดงออก บุคคลต้องปรับปรุงให้เหมาะสมกับปทัสถานของสังคมแล้วจึงแสดงออกเป็นพฤติกรรมภายนอก

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า เจตคติเป็นตอบสนองการเรียนรู้จากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีเจตคติเฉพาะตัวในการแสดงความคิดเห็น โดยเจตคตินั่นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะอารมณ์ สถานการณ์ และสิ่งแวดล้อมของบุคคลนั้น ๆ

องค์ประกอบของเจตคติ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) แบ่งองค์ประกอบของเจตคติ ได้เป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความนึกคิด (Cognitive component) เป็นองค์ประกอบด้านความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า (Object) นั้น ๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการที่จะสรุปรวมเป็นความเชื่อหรือช่วยในการประเมินสิ่งเร้านั้น ๆ ทำให้เกิดแนวคิดว่าอะไรถูกอะไรผิด สนใจหรือไม่สนใจ

2. องค์ประกอบด้านรู้สึก (Felling component) เป็นองค์ประกอบทางด้านอารมณ์ของบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าต่าง ๆ เป็นผลต่อเนื่องมาจากการที่บุคคลประเมินสิ่งเร้านั้นแล้วว่าพอใจหรือไม่พอใจ ต้องการหรือไม่ต้องการ ดีหรือเลวอย่างไร

3. องค์ประกอบด้านความประพฤติหรือปฏิบัติ (Action tendency component) เป็นองค์ประกอบด้านความพร้อมหรือความโน้มเอียงที่บุคคลจะประพฤติหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางที่จะสนับสนุนหรือคัดค้าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้สึกของบุคคลที่ได้จากการประเมินผล ซึ่งแสดงออกมาในรูปของการปฏิบัติโดยการยอมรับหรือการปฏิเสธ หรือเฉย ๆ และเป็นการกระทำที่สามารถสังเกตได้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 59) ได้ระบุว่า แนวความคิดของนักจิตวิทยาที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของเจตคติ มีแนวคิดแตกต่างกันอยู่ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. เจตคติมีองค์ประกอบเดียว คือ ความคิดหรือความเชื่อ ซึ่งพิจารณาจากเจตคติ

2. เจตคติมี 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านสติปัญญา (Cognitive) และด้านความรู้สึก (Affective)

3. เจตคติมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านสติปัญญา (Cognitive component) ประกอบด้วยความรู้สึก และความเชื่อที่ผู้นั้นมีต่อเป้าเจตคติ ด้านความรู้สึก (Affective component) หมายถึงความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่มีต่อเป้าเจตคติว่าชอบหรือไม่ชอบสิ่งนั้นหลังจากสัมผัสและรับรู้เป้าของเจตคติแล้วสามารถแสดงความรู้สึก ด้านพฤติกรรม (Behavioral component) เป็นแนวโน้มของการกระทำหรือแสดงพฤติกรรม

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2549, หน้า 8) ได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบของเจตคติเป็นสิ่งเชื่อมโยงไปยังแง่มุมอื่น ๆ อีก 2 ด้าน คือ ด้านแรกเชื่อมโยงไปยังนิยามของเจตคติ อีกด้านหนึ่งเชื่อมโยงไปยังประเด็นความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบ หรือความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ นักจิตวิทยาได้เสนอองค์ประกอบของเจตติไว้ 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. เจตคติมีองค์ประกอบเดียว คือ อารมณ์ ความรู้สึกในทางชอบหรือไม่ชอบ ที่บุคคลมีต่อที่หมายของเจตคติ นักจิตวิทยาที่สนับสนุนแนวคิดนี้ได้แก่ เบ็ม (Bem) ฟิชไบน์ และไอเซน (Fishbein and Ajzen) อินสโค (Insko) และเทอร์สโตน (Thurstone) นักจิตวิทยาเหล่านี้ถือเอานิยามองค์ประกอบทางอารมณ์ความรู้สึกเป็นนิยามเจตคติด้วย

2. เจตคติมีสององค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านปัญญา และองค์ประกอบด้านอารมณ์ความรู้สึก นักจิตวิทยาที่สนับสนุนการแบ่งเจตคติเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ แคทซ์ (Katz) และโรเซนเบิร์ก (Rosenberg) ตามแนวคิดของโรเซนเบิร์ก องค์ประกอบด้านปัญญา หมายถึง กลุ่มของความเชื่อที่บุคคลมีต่อที่หมายของเจตคติจะเป็นตัวส่งเสริม หรือขัดขวางการบรรลุถึงค่านิยมต่าง ๆ ของบุคคล ส่วนองค์ประกอบด้านอารมณ์ความรู้สึก หมายถึง ความรู้สึกที่บุคคลมีเมื่อถูกกระตุ้นโดยที่หมายของเจตคติ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2551, หน้า 210-211) กล่าวว่า เจตคติ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจ (Cognitive component) เป็นองค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า เพื่อเป็นเหตุผลที่จะสรุปความและรวมเป็นความเชื่อหรือช่วยในการประเมินค่าสิ่งเร้านั้น

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึกและอารมณ์ (Affective component) เป็นองค์ประกอบด้านความรู้สึก หรืออารมณ์ของบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้า เป็นผลเนื่องมาจากที่บุคคลประเมินค่าสิ่งเหล่านั้นแล้วพอใจหรือไม่พอใจ ต้องการหรือไม่ต้องการ ดีหรือเลว

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral component) เป็นองค์ประกอบทางด้านความพร้อม หรือความโน้มเอียงที่บุคคลประพฤติปฏิบัติ หรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางที่จะสนับสนุนหรือคัดค้าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเชื่อ หรือความรู้สึกของบุคคลที่ได้รับจากการประเมินค่าให้สอดคล้องกับความรู้ที่มีอยู่

จากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของเจตคติที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า เจตคติประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้สึก คือ ความสนใจ พอใจ ชื่อชอบต่อสิ่งเร้านั้น ๆ

2. ด้านพฤติกรรม คือ การแสดงออกและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้านั้น ๆ

3. ด้านความคิด คือ ความคิดเห็น ทัศนคติทั่วไป การเล็งเห็นความสำคัญ และประโยชน์ที่มีต่อสิ่งเร้า

การวัดเจตคติ

ไพศาล หวังพานิช (2526, หน้า 147) ได้เสนอหลักการวัดเจตคติไว้ดังนี้

1. ต้องยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Basic assumption) ได้แก่

1.1 เจตคติของบุคคลจะคงที่อยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้สามารถวัดได้

1.2 เจตคติไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องวัดจากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงต่อเหตุการณ์นั้น ๆ

1.3 เจตคตินอกจากจะวัดในรูปทิศทางของความรู้สึก เช่น สนับสนุน คัดค้าน ยังสามารถวัดขนาดและปริมาณมากน้อย หรือความเข้มของเจตคติอีกด้วย

2. ในการวัดเจตคติจะต้องมีสิ่งประกอบ 3 สิ่ง คือ ตัวบุคคลที่จะถูกวัด สิ่งเร้าที่เป็นข้อความเกี่ยวกับรายละเอียดในสิ่งนั้น และการตอบสนองของบุคคลที่ถูกวัด

3. สิ่งเร้าที่นิยมใช้ คือ ข้อความวัดเจตคติ (Attitude statement) ที่ใช้อธิบายคุณค่าคุณลักษณะของสิ่งนั้น เพื่อให้บุคคลตอบสนองออกมาในระดับความรู้สึก (Attitude continuum)

4. การสรุปผลในเรื่องของเจตคติ จะอาศัยผลสรุปจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้า จำเป็นอย่างยิ่งที่การวัดนั้นจะต้องครอบคลุมคุณลักษณะต่าง ๆ เพื่อผลจากการสรุปจะได้ตรงกับความจริงมากที่สุด

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2531) กล่าวเกี่ยวกับการวัดเจตคติไว้ ดังนี้

1. เนื้อหา (Content) การวัดเจตคติต้องมีสิ่งเร้าไปกระตุ้นให้บุคคลแสดงกิริยาท่าทีออกมา สิ่งเร้าทั่วไป ได้แก่ เนื้อหาที่ต้องการวัด เช่น ต้องการวัดเจตคติต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับชีวิตครอบครัว ได้แก่ การเลือกคู่ครอง อายุแรกสมรส ระยะการมีบุตรคนแรกและคนต่อไป ขนาดของครอบครัวและความสัมพันธ์ภายในครอบครัว เป็นต้น

2. ทิศทาง (Direction) การวัดเจตคติโดยทั่วไปจะกำหนดทิศทางเป็นเส้นตรงและต่อเนื่องในลักษณะเป็นซ้ายขวาหรือบวกลบ กล่าวคือ เริ่มจากเห็นด้วยอย่างยิ่ง และลดความเห็นลงเรื่อย ๆ จนถึงความรู้สึกเฉย ๆ และลดต่อไปเป็นไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ลักษณะของการเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยนี้เป็นเส้นตรงเดียวกันและต่อเนื่องกัน

3. ความเข้ม (Intensity) เป็นกิริยาท่าทีหรือความรู้สึกที่แสดงออกมาต่อสิ่งเร้านั้นมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ถ้าความเข้มสูงไม่ว่าจะไปในทิศทางใดก็ตามจะมีความรู้สึกหรือกิริยาท่าทีรุนแรงมากกว่าความเข้มปานกลาง

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2549, หน้า 2) กล่าวถึงการวัดเจตคติว่าเป็นการการวัดคุณลักษณะภายในของบุคคล ซึ่งเกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึก หรือเป็นลักษณะทางจิตใจ ซึ่งมีความแปรเปลี่ยนได้ง่าย ไม่แน่นอน แต่ถึงอย่างไร เจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดยังสามารถวัดได้ โดยอาศัยหลักการสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Basic assumptions) เกี่ยวกับการวัดเจตคติ ดังนี้

1.1 ความคิดเห็น ความรู้สึก หรือเจตคติของบุคคลนั้น จะมีลักษณะคงที่หรือคงเส้นคงวาอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง นั่นคือ ความรู้สึกนึกคิดของคนเรา ไม่ได้เปลี่ยนแปลงหรือผันแปรอยู่ตลอดเวลา อย่างน้องจะต้องมีช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ความรู้สึกของคนเรามีความคงที่ ซึ่งทำให้สามารถวัดได้

1.2 เจตคติของบุคคลไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง การวัดจะเป็นแบบวัดทางอ้อม โดยวัดจากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงออก หรือประพฤติปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ

1.3 เจตคตินอกจากแสดงออกในรูปทิศทางของความคิด ความรู้สึก เช่น สนับสนุนหรือคัดค้าน ยังมีขนาดหรือปริมาณของความคิดความรู้สึกนั้นด้วย ดังนั้นในการวัดเจตคติ นอกจาก

กระทำให้ทราบลักษณะหรือทิศทางแล้ว ยังสามารถบอกระดับความมากน้อยหรือความเข้มข้นของเจตคติได้ด้วย

2. การวัดเจตคติด้วยวิธีการใดก็ตาม จะต้องมีสิ่งประกอบ 3 อย่าง คือ ตัวบุคคลที่จะถูกวัด มีสิ่งเร้า เช่น การกระทำเรื่องราวที่บุคคลจะแสดงเจตคติตอบสนอง และสุดท้ายต้องมีการตอบสนอง ซึ่งจะออกมาเป็นระดับสูงต่ำมากน้อย ดังนั้นในการวัดเจตคติเกี่ยวกับสิ่งใดของบุคคลสามารถวัดได้โดยนำสิ่งเร้า ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อความเกี่ยวกับรายละเอียดในสิ่งนั้น ไปเร้าให้บุคคลแสดงท่าทีความรู้สึกต่าง ๆ ที่มีต่อสิ่งนั้นให้ออกมาเป็นระดับ หรือความเข้มของความรู้สึกคล้อยตามหรือคัดค้าน

3. สิ่งเร้าที่จะนำไปใช้เร้าหรือทำให้บุคคลได้แสดงเจตคติที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดออกมา ที่นิยมใช้คือข้อความวัดเจตคติ (Attitude statements) ซึ่งเป็นสิ่งเร้าทางภาษาที่ใช้อธิบายถึงคุณค่า คุณลักษณะของสิ่งนั้น เพื่อให้บุคคลตอบสนองออกมาเป็นระดับความรู้สึก (Attitude continuum หรือ Scale) เช่น มาก ปานกลาง น้อย เป็นต้น

4. การวัดเจตคติเพื่อทราบทิศทางและระดับความรู้สึกของบุคคลนั้น เป็นการสรุปผลจากการตอบสนองของบุคคลจากรายละเอียด หรือแง่มุมต่าง ๆ ดังนั้น การวัดเจตคติของบุคคลเกี่ยวกับเรื่องใดสิ่งใดจะต้องพยายามถามคุณค่า และลักษณะในแต่ละด้านของเรื่องนั้นออกมา แล้วนำผลซึ่งเป็นส่วนประกอบหรือรายละเอียดปลีกย่อย มาผสมผสานสรุปรวมเป็นเจตคติของบุคคลนั้น เพราะฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่การวัดนั้น ๆ จะต้องครอบคลุมคุณลักษณะต่าง ๆ ครบถ้วนทุกลักษณะ เพื่อให้การสรุปผลตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด

5. การวัดเจตคติต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรง (Validity) ของผลการวัดเป็นพิเศษกล่าวคือต้องพยายามให้ผลการวัดที่ได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของบุคคลทั้งในแง่ทิศทาง ระดับหรือช่วงของเจตคติ

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การวัดเจตคตินั้นไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม จากการแสดงความคิดเห็น หรือสังเกตจากพฤติกรรมภายนอก แต่การวัดหรือการสังเกตอาจไม่แน่นอน หากผู้สังเกตตอบ หรือแสดงพฤติกรรมที่บิดเบือน

เครื่องมือวัดเจตคติ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 60) ได้เสนอเครื่องมือวัดเจตคติไว้หลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่ต้องการวัด ดังนี้

1. สัมภาษณ์ (Interview) คือ การพูดคุยกันอย่างมีจุดมุ่งหมาย ผู้สัมภาษณ์ที่ดีต้องฟังมากกว่าพูดเสียเอง ต้องไม่หูเบา จะยึดตามแนววัตถุประสงค์ที่จะวัดและบันทึกไว้ได้อย่างถูกต้อง การสัมภาษณ์ใช้ปากเป็นเครื่องมือสำคัญ ได้ผลอย่างไรก็บันทึกไว้ การวัดเจตคติโดยการสัมภาษณ์

จะต้องสร้างข้อคำถามในการสัมภาษณ์ให้ดีเป็นมาตรฐานก่อน ข้อคำถามแต่ละข้อจะต้องกระตุ้นให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบความรู้สึกต่อเป้าเจตคติ ที่ผู้ทำการสัมภาษณ์ต้องการได้ข้อคำถามหรือข้อรายการนั้นต้องเขียนเน้นความรู้สึกที่สามารถวัดเจตคติได้ตรงเป้าหมาย การเตรียมคนและเตรียมเครื่องมือการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ การวางแผนสร้างข้อคำถามจะต้องคำนึงถึงระยะเวลา ลักษณะของผู้ถูกสัมภาษณ์ด้วย ข้อคำถามควรถามคลุมทั้งทางบวกและทางลบ เพื่อจะได้ใช้ประเมินเปรียบเทียบความรู้สึกที่แท้จริง ลักษณะของการสัมภาษณ์ที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

1.1 การสัมภาษณ์ต้องเป็นการยั่วยุหรือกระตุ้นให้ผู้ถูกสัมภาษณ์อยากจะตอบและให้คำตอบที่คงที่พอควร คือถามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตื่นตัวอยู่เสมอ อย่าปล่อยให้หลงผิดผู้สัมภาษณ์จะตั้งคำถามให้เป็นที่น่าสนใจแก่ผู้ถูกสัมภาษณ์

1.2 คำถามที่ถามพยายามถามให้ตรงจุดที่สุด หรือเป็นคำถามที่มีความแจ่มชัดว่าผู้สัมภาษณ์ต้องการให้ตอบในแง่ไหน ไม่ควรใช้คำถามที่กว้างจนเกินไป จะทำให้ลงข้อสรุปได้ยาก คำถามควรมีความเชื่อมั่นสูง แม้จะใช้คำถามเดิม ถามซ้ำอีกก็ได้รับคำตอบเหมือนเดิม

1.3 คำถามที่ใช้สัมภาษณ์ควรจะได้คำตอบที่สามารถนำไปขยายอิงสู่เหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้

2. การสังเกต (Observation) คือ การเฝ้ามองดูสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีจุดมุ่งหมาย เครื่องมือสำคัญของการสังเกต คือ ตาและหู การเฝ้าดูโดยการบันทึกในสมองจะทำให้ลืมเลือนง่าย ข้อรายงาน (Checklist) ที่จะใช้ในการสังเกตจึงควรเตรียมไว้ให้พร้อม การสังเกตที่ดีควรมีการฝึก จึงจะทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ ผู้สังเกตควรเป็นผู้รับรู้และมีประสาทตาดี มิฉะนั้นอาจทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน

3. การรายงานตนเอง (Self-report) เครื่องมือแบบนี้ต้องการให้ผู้ถูกสอบแสดงความรู้สึกของตนเองตามสิ่งเร้าที่เขาได้สัมผัส นั่นคือสิ่งเร้าที่เป็นข้อความ ข้อคำถาม หรือเป็นภาพ เพื่อให้ผู้สอบแสดงความรู้สึกออกมาอย่างตรงไปตรงมานั่นเอง แบบทดสอบหรือมาตรวัดที่ถือว่าเป็นมาตรฐาน (Standard form) เป็นแนวการสร้างของเทอร์สโตน (Thurstone) กัตแมน (Guttman) ลิเคิร์ท (Likert) และออสกูด (Osgood) การวัดเจตคติแบบรายงานตนเองยังมีวิธีแบบอื่น ๆ อีกมาก แต่ไม่ถือว่าเป็นรูปแบบมาตรฐาน

4. เทคนิคการจินตนาการ (Projective techniques) เป็นเทคนิคที่อาศัยสถานการณ์หลายอย่างไปเร้าผู้สอบ สถานการณ์ที่กำหนดให้จะไม่มีโครงสร้างที่แน่นอน ทำให้ผู้สอบจะต้องจินตนาการออกมาตามแต่ประสบการณ์เดิมของตน ซึ่งแต่ละคนจะแสดงออกมาไม่เหมือนกัน เช่น ประเภทให้เติมประโยคให้สมบูรณ์ ภาพนามธรรมเติมเรื่องราวสั้น ๆ เล่านิทานจากภาพ ฯลฯ การ

แปรความหมาย อาศัยผลจากการตอบสิ่งที่กล่าวมาแล้ว ก็พอจะรู้ได้ว่าผู้นั้นมีเจตคติอย่างไรต่อเป้าเจตคตินั้น ๆ

5. การวัดทางสรีระภาพ (Physiological measurement) การวัดด้านนี้อาศัยเครื่องมือไฟฟ้า หรือเครื่องมืออื่น ๆ ในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกาย เช่น การใช้เครื่องกัลป์วานอมิเตอร์ชนิดหนึ่ง เพื่อวัดดูความต้านทานกระแสไฟฟ้าในผิวหนัง เมื่อคนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ ส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เรียกว่า มีกระแสไฟฟ้าไหลสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าก็สามารถวัดตรวจสอบเปรียบเทียบกับขณะที่ร่างกายอยู่ในสภาพที่ปกติได้ เครื่องมือจับเท็จอาศัยหลักการนี้ จะเชื่อถือได้มากขนาดไหนต้องศึกษาให้รอบคอบ อารมณ์ต่าง ๆ อาจศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลงของลูกตาดำ ปริมาณของฮอร์โมนบางอย่างก็สามารถบอกอารมณ์ความพอใจหรือไม่พอใจของคนได้

จากที่กล่าวมากสามารถสรุปได้ว่า เจตคตินั้นเป็นมโนทัศน์ที่วัดได้ยาก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเจตคตินั้นมีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่ต้องการวัด

การวัดประเมินผลเจตคติ

ไพศาล หวังพานิช (2526, หน้า 149-150) ได้กล่าวถึงวิธีสร้างและการตรวจให้คะแนนมาตราวัดเจตคติของลิเคิร์ทไว้ ดังนี้

1. วิธีสร้าง

1.1 เขียนข้อความเกี่ยวกับคุณค่า คุณลักษณะต่าง ๆของเรื่องที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมลักษณะที่สำคัญให้ครบถ้วนทุกแง่มุม โดยให้มีข้อความที่แสดงคุณค่า หรือลักษณะของเรื่องนั้นทั้งทางด้านบวกและด้านลบ

1.2 กำหนดระดับ (Scale) ของการตอบสนองในแต่ละข้อความโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

1.3 ให้ผู้ตอบอ่านข้อความที่กำหนดขึ้นในแต่ละข้อแล้วแสดงความรู้สึกว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความมากน้อยในระดับใด หรืออีกในหนึ่งให้พิจารณาว่าแต่ละข้อความนั้นกล่าวถึงเรื่องต่าง ๆ ตรงกับความรู้สึกของผู้ตอบในระดับใดใน 5 ระดับ

2. การตรวจสอบคะแนน การให้น้ำหนักหรือคะแนนเพื่อแทนระดับเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ทสามารถให้ได้ 3 วิธี คือ วิธีใช้หลักของคะแนนมาตรฐาน (Standard score weighting method) วิธีกำหนดค่าน้ำหนัก (Arbitrary weighting method) และวิธีหาผลรวมค่าน้ำหนักความเบี่ยงเบน (Sigma deviate weighting method) ในเชิงปฏิบัตินิยมใช้วิธีกำหนดค่าน้ำหนักเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น คือ

เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้ 5 หรือ 4 คะแนน

เห็นด้วย	ให้	4	หรือ	3	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	หรือ	2	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2	หรือ	1	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	หรือ	0	คะแนน

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2549, หน้า 137) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการวัดเจตคติไว้ดังนี้

1. การศึกษาเจตคติ เป็นการศึกษาความคิดเห็น ความรู้สึกของบุคคลที่มีลักษณะคงเส้นคงวา หรืออย่างน้อยเป็นความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่จะไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้น เนื้อหาหรือสิ่งเร้าให้แสดงกิริยาท่าทีออกมาต้องมีโครงสร้างแน่นอน

2. เจตคติเป็นสิ่งที่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง ฉะนั้นการวัดเจตคติจึงเป็นการวัดทางอ้อม จากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงออกหรือประพฤติอย่างมีระเบียบแบบแผนคงที่ไม่ใช่พฤติกรรมโดยตรงของมนุษย์

3. การศึกษาเจตคติของบุคคลเหล่านั้น ไม่ใช่เป็นการศึกษาแต่เฉาะ ทิศทาง เจตคติของบุคคลเหล่านั้น แต่ต้องศึกษาถึงระดับความมากน้อยหรือความเข้มของเจตคตินั้นด้วย โดยทั่วไปกำหนดให้เจตคติมีทิศทางเป็นเส้นตรงและต่อเนื่องกัน

การวัดเจตคติสามารถทำได้หลายวิธี คือบางวิธีเน้นความเป็นมิติเดียวกันมากกว่าวิธีอื่น ๆ บางวิธีเน้นทางด้านการกำหนดช่วงคะแนนเท่ากัน บางวิธีเน้นความสามารถในการสร้างทฤษฎีใหม่ได้ ซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสีย แต่ที่นิยมกันได้แก่ การวัดของลิเคิร์ท (Likert) เพราะมาตรการวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท (Likert scale) วัดโดยใช้ข้อความเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งสอบถามความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อเรื่องนั้น แล้วให้บุคคลนั้นแสดงความรู้สึกต่อข้อความดังกล่าว มีวิธีการสร้างข้อความ โดยเขียนข้อความเกี่ยวกับคุณลักษณะของเรื่องที่จะสอบถามให้ครอบคลุมลักษณะที่สำคัญให้ครบถ้วนทุกแง่มุม โดยให้มีข้อความที่แสดงคุณค่าทั้งทางด้านบวกและด้านลบ กำหนดระดับ (Scale) ของการตอบสนองในแต่ละข้อความที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)
2. เห็นด้วย (Agree)
3. ไม่แน่ใจ (Uncertain)
4. ไม่เห็นด้วย (Disagree)
5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Unstrongly Agree)

ให้ผู้ตอบอ่านข้อความที่กำหนดขึ้นในแต่ละข้อ แล้วแสดงความรู้สึกว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อนั้นมากน้อยเพียงใด ในการให้น้ำหนักคะแนนเพื่อแทนระดับเจตคติตามวิธีการของลิเคิร์ท สามารถให้ได้ 3 วิธี คือ วิธีใช้หลักคะแนนมาตรฐาน วิธีกำหนดค่าน้ำหนัก และวิธีหาผลรวมน้ำหนัก ความเบี่ยงเบน ทั้งสามวิธีจะได้น้ำหนักของความเห็นส่วนบุคคลได้สอดคล้องสัมพันธ์กัน ในเชิงปฏิบัตินิยมกำหนดค่าน้ำหนักเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น คือ กำหนด 5-4-3-2-1 หรือแบบ 4-3-2-1-0 แต่ถ้าข้อความใดกล่าวลบ การให้น้ำหนักความเห็นของข้อความนั้นจะกลับเป็น 1-2-3-4-5 หรือ 0-1-2-3-4 เมื่อแต่ละระดับความเห็นของแต่ละข้อความวัดเจตคติมีค่าประจำตายตัว การที่จะหาว่าบุคคลใด มีเจตคติอย่างไร ก็ใช้วิธีรวมน้ำหนัก หรือคะแนนจากการตอบทุกข้อความของแต่ละคน ถ้าน้ำหนักรวมจากการตอบข้อความทั้งหมดมีค่าสูง แสดงว่าระดับเจตคติของบุคคลนั้นต่อสิ่งนั้น เป็นไปในลักษณะพอใจหรือคล้อยตาม แต่ถ้าได้คะแนนหรือน้ำหนักรวมต่ำแสดงว่าบุคคลนั้นมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นหรือมีความรู้สึกไม่พอใจหรือคัดค้าน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติสามารถสรุปได้ว่า เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดที่อยู่ภายในใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ โดยผ่านจากการเรียนรู้ประสบการณ์ ซึ่งความรู้สึก ความคิดเห็น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert) เพื่อศึกษาเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ โดยครอบคลุมองค์ประกอบเจตคติทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้สึก หมายถึง ความสนใจ พอใจ ชื่อชอบต่อสิ่งเร้านั้น ๆ

2. ด้านพฤติกรรม หมายถึง การแสดงออกและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้านั้น ๆ

3. ด้านความคิด หมายถึง ความคิดเห็น ทัศนคติทั่วไป การเล็งเห็นความสำคัญ และประโยชน์ที่มีต่อสิ่งเร้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

พนารัตน์ วัดไสยสง (2544) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 2) นักเรียนที่

ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดนเน้นการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยามีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรือง โลก ดวงดาวและอวกาศ สูงกว่านักเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001

พฤกษ์ โปร่งสำโรง (2549) ที่ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อีกทั้งนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูแบบการเรียนการสอน 7E มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิชญารัตน์ บัวกิ่ง (2549) ที่ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและระบบสมการเชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 พบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 27.70 บกพร่องขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 59.46 บกพร่องขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน จำนวน 271 คน คิดเป็นร้อยละ 91.55 และบกพร่องขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบวิธีการและคำตอบ จำนวน 289 คน คิดเป็นร้อยละ 97.63

อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กาญจนา ศรีโสภา (2555) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) กับการจัด

การเรียนการสอนแบบ 4 MAT พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบอีกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา ไม่แตกต่างกัน

สุพิชญา กมลรัตน์ (2557) ได้ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนมติ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนมติ มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

ดารณี พุฒจันทร์หอม (2558) ได้ศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 80

พิจิตรา ศรีพัดยศ (2558) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการเรียนโดยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 สูงกว่าเกณฑ์

ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

หัทยา โรจน์วิรัตน์ (2559) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค SRAD ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบอีกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

สมิท, เธอรอน และ ชาร์ลส์ (Smith, Theron & Charles 1993, p. 111) ได้ศึกษาวิธีการสอนเกี่ยวกับการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงมโนมติกับกลุ่มครูวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนนักเรียนเกรด 7 จำนวน 13 คน เรื่อง การสังเคราะห์แสง การหายใจระดับเซลล์ การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ ตามห้องเรียนที่เคยสอนประจำ ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงและไม่เปลี่ยนแปลงมโนมติ โดยใช้อุปกรณ์การสอนและฝึกทักษะตามเงื่อนไข พบว่า นักเรียนห้องที่ครูใช้อุปกรณ์การสอนที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษและฝึกทักษะตามเงื่อนไขที่กำหนด มีผลการทดสอบดีกว่านักเรียนห้องที่ครูใช้อุปกรณ์การสอนที่ไม่ได้ฝึกทักษะตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยของวิธีการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนมตินี้มีประโยชน์สูงสุดสำหรับการไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนเพื่อมุ่งให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง

เวด (Wade, 1995, p. 816) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับเกรด 9 โดยใช้วิธีการสอน 3 วิธี ได้แก่ การสอนแบบปกติ การสอนโดยใช้การทดลอง และการสอนโดยใช้การทดลองกับเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 116 คน ทดลองสอนเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าในส่วนของเจตคติต่อวิชาชีววิทยา สำหรับกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้การทดลองกับเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติและการสอนโดยใช้การทดลอง

บิลลิงส์ (Billings, 2002, p. 89) ได้ประเมินผลการเรียนแบบสืบเสาะกับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษา โดยใช้เวลาในการศึกษา 5 ปี กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 28 คน ซึ่งใช้การสังเกต แบบทดสอบ และแบบสอบถามในการเก็บข้อมูล โดยผล

การศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้มีความสนใจในเนื้อหาวิชาเพิ่มขึ้นร้อยละ 56 ขึ้นไป อีกทั้งนักเรียนมีความสนุกสนานกับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ร้อยละ 75 และนักเรียนชอบการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ร้อยละ 66 ดังนั้นการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพที่ส่งเสริมการเรียนรู้ และทำให้นักเรียนมีความสนใจและความพึงพอใจในการเรียนอย่างมาก

โซเมอร์ (Somers, 2005, p. 30) ได้ทำการศึกษารูปแบบการเรียนการสอน 7E ในการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่อง พืชชายฝั่งของสหรัฐหลุยส์เซียน่า สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 155 คน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ซีลกัค, คาร์ลิสเกน และ อีโรล (Selcuk, Caliskan & Erol 2008, pp. 151-166) ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนสาขาการศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 37 คน กลุ่มทดลองจะได้รับการเสริมกระบวนการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบประเมินทักษะการดำเนินการในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ ความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตมเทคนิคของโพลยามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และทักษะในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน หลังได้รับการสอนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา สามารถช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ในวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และหาวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้สถานการณ์

นั้น ๆ ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และยังส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ในการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยได้นำเสนอในประเด็นดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 160 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 32 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ซึ่งดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเดียว และมีการสอบก่อนเรียนและสอบหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 248) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design)

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental group)

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง (Pretest)

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง (Posttest)

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา
2. แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
4. แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 5 พลังงาน ซึ่งได้เนื้อหา 4 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	**สาระการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**เวลาเรียน (ชั่วโมง)**	**น้ำหนัก**
อธิบายสมบัติที่แสดงความเป็นคลื่นของแสง เช่น การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว การกระเจิงของแสง รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การแทรกสอดของแสง	1. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายการแทรกสอดของแสงเมื่อผ่านสลิตคู่ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ 3. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ ตำแหน่งของแถบสว่างใด ๆ เป็นไปตามสมการ	4	30

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
ปัญหาเกี่ยวกับการหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้สลิตคู่ สลิตเดี่ยว และเกรตติงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ		$dsin\theta = n\lambda$ และตำแหน่งของแถบมืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)$ 4. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสง 5. นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่น		
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเลี้ยวเบนของแสง	6. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายได้ว่าเมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนของแสง 7. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก ซึ่งเกิดจากการเลี้ยวเบนของแสง 8. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบภาพการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตคู่และการเลี้ยวเบนเมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว 9. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิต	4	30

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
		เดี่ยว ตำแหน่งของแถบมืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ 10. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยวเบนของแสง		
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เกรตติง	11. นักเรียนสามารถทดลองหาความยาวคลื่นของแสง 12. นักเรียนสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ โดยใช้เกรตติง	2	20
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การกระเจิงของแสง	13. นักเรียนสามารถบอกความหมายของการกระเจิงของแสง	2	20
	รวม		12	100

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 4 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 ผลการเรียนรู้

1.4.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.5 สาระการเรียนรู้

1.4.6 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.4.7 คุณลักษณะอังพึงประสงค์

1.4.8 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีลำดับขั้นตอนแสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น	**กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา**
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	
2. ขั้นสร้างความสนใจ	
3. ขั้นสำรวจและค้นหา	
4. ขั้นอธิบาย	
5. ขั้นขยายความรู้	ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 4. ขั้นตรวจสอบ
6. ขั้นประเมินผล	
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	

1.4.9 สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1.4.10 การวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึง

ประสงค์ การจัดกิจกรรมกาเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม และพิจารณาความสอดคล้องของแต่ละองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนนดังนี้

คะแนน	5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนน	4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนน	3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนน	2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนน	1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนโดยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.50-5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ต้องมีค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-4.80 ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข หน้า 143)

การประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยการนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน นำมาแปลงเป็นคะแนนได้ดังนี้

สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	1
ไม่แน่ใจ	กำหนดคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	-1

จากนั้นทำมาแทนค่าในสูตรหาค่าความสอดคล้อง เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) ถ้าค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง โดยแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 151)

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นของการสื่อความหมายและการใช้ภาษาให้มีความถูกต้องและเข้าใจง่าย และในด้านของการสะกดคำผิด (ภาคผนวก ข หน้า 155)

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบ แล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งจากการนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นที่ครูจะต้องสำรวจความรู้พื้นฐานที่นักเรียนมี เพื่อเป็นการทบทวนและตรวจความเข้าใจของนักเรียนว่ามีความถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน และขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนรวมกันลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลและความรู้ที่ได้ไปอภิปรายร่วมกันในขั้นต่อไป ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 ขั้นนี้ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างนาน นอกจากนี้ยังพบว่าในขั้นที่ 5 ขั้นขยายความ เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งในขั้นนี้จะพบว่านักเรียนบางคนยังไม่ค่อยเข้าใจขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ดังนั้นเมื่อนำไปทดลองใช้จริง ครูต้องกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นให้ชัดเจน และต้องอธิบายกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาให้นักเรียนได้เข้าใจอย่างชัดเจน

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ต่อไป

2. แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความคิดพื้นฐานและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2.3 วิเคราะห์และกำหนดมโนทัศน์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ในแต่ละสาระการเรียนรู้ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้	**มโนทัศน์**	**น้ำหนัก**	**จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)**	**จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)**
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การแทรกสอดของแสง	การแทรกสอดของแสงเป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่น เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (node: N) ที่จุด x ใด ๆ มีความสัมพันธ์ที่จะเกิดแถบการแทรกสอดจากสลิตคู่ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ S_1 และ S_2 ที่ห่างกัน d คือ สำหรับแถบปฏิบัพ $\lvert S_1x - S_2x\rvert = dsin\theta = \frac{dx}{L} = n\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, \ldots$	30	9	6

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)
	สำหรับแถบบัพ $\lvert S_1x - S_2x\rvert = dsin\theta = \frac{dx}{L}$ $= \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ n = 1, 2, …			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเลี้ยวเบนของแสง	การเลี้ยวเบนของแสงเป็นการเคลื่อนที่ของแสงไปปรากฏด้านหลังสิ่งที่กีดขวางได้ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d จะเกิดการแทรกสอด ซึ่งมีความสัมพันธ์ของการเกิดแถบมืดหรือแถบบัพ คือ $dsin\theta = \frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ n = 1, 2, …	30	9	6
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เกรตติง	เกรตติงเป็นอุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบด้วยช่องจำนวนมากที่มีขนาดหรือความกว้างของช่องน้อยมาก และอยู่ห่างเท่า ๆ กัน ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติของแสง	20	6	4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การกระเจิงของแสง	การกระเจิงของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่าง ๆ หรือโมเลกุลอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่า	20	6	4

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)
	โดยมุมของการกระเจิงจะใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว			
	รวม	100	30	20

2.4 สร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยในการเลือกตอบในส่วนที่ 1

2.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คำตอบของนักเรียนถูกต้องให้ 1 คะแนน

คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง ให้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยประกอบในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนจากการแบ่งกลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของ เวสต์บรู๊ค และมาเร็ค (Westbrook & Marek, 1992) ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Scientific understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ให้ 3 คะแนน

2. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลบางส่วนได้สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีคำอธิบายที่ผิดไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้ 2 คะแนน

3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding and misconception: PU/ MU) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน แต่มีคำอธิบายบางส่วนผิดไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ให้ 1 คะแนน

4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนหรือไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (Misconception, Specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ให้ 0 คะแนน

5. ไม่มีมโนทัศน์หรือไม่ตอบคำถาม (Without answer, No conception, No understanding: NU) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ทวนคำถาม หรือไม่ได้อธิบายเหตุผล ให้ 0 คะแนน

2.6 นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.7.1 ความถูกต้องในการวิเคราะห์มโนทัศน์หลักและสาระสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2.7.2 ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความถูกต้องของคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.7.3 การใช้ภาษาในการเขียนข้อความ เพื่อสื่อความหมายให้นักเรียนเข้าใจ

โดยประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

2.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ซึ่งแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 158)

2.9 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในด้านภาษาให้มีความถูกต้อง พร้อมตรวจสอบและแก้ไขการสะกดคำ (ภาคผนวก ข หน้า 160)

2.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ผ่านการเรียน เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 30 คน

2.11 นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาตรวจให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D)* (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 300-301) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (*P*) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (*D*) ตั้งแต่ 0.20-1.00 โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายของการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่าย (*P*) ตั้งแต่ 0.27-0.55 และค่าอำนาจจำแนก (*D*) อยู่ระหว่าง 0.22-0.51 (ภาคผนวก ข หน้า 162)

2.12 นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (สุวิมล ติรกานันท์, 2556, หน้า 125) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 (ภาคผนวก ข หน้า 164)

2.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

3.3 วิเคราะห์และกำหนดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การแทรกสอดของแสง	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ ตำแหน่งของแถบสว่างใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ และตำแหน่งของแถบมืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)$ นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสง	40	4	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเลี้ยวเบนของแสง	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว ตำแหน่งของแถบมืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยวเบนของแสง	40	4	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เกรตติง	นักเรียนสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ โดยใช้เกรตติง	20	2	1
รวม		100	10	5

3.4 สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แบบอัตนัย ที่มีลักษณะให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา (ฉวีวรรณ เศวตมาลย์, 2544, หน้า 33) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

3.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาเพื่อเป็นแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ และให้คะแนนโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (สิริพร ทิพย์คง, 2544, หน้า 113-114) ดังนี้

ตารางที่ 3-6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	**คะแนน**	**เกณฑ์ที่กำหนด**
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา	2	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน
	1	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องครบถ้วน
	0	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ
ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา	2	เมื่อเขียนการวางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1	เมื่อเขียนการวางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ เช่น เขียนสัญลักษณ์ของตัวแปรผิด เป็นต้น
	0	เมื่อเขียนการวางแผนการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	คะแนน	เกณฑ์ที่กำหนด
ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา	2	เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง
	1	เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง แต่คำตอบผิด หรือไม่แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง
	0	เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ	2	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน
	1	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ไม่สมบูรณ์ เช่น แสดงวิธีการคำนวณย้อนกลับไม่ครบถ้วน เป็นต้น
	0	เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบ

3.6 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.7 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบในประเด็นต่อไปนี้ คือ การสื่อความหมายของข้อคำถาม ความเหมาะสมของคำถามในการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ซึ่งแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีค่าความสอดคล้องอยู่ที่ 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 165)

3.9 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในด้านภาษาให้มีความถูกต้อง พร้อมตรวจสอบและแก้ไขการสะกดคำ (ภาคผนวก ข หน้า 166)

3.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ผ่านการเรียนเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 30 คน

3.11 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 300-301) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20-1.00 โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายของการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.37-0.49 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.27-0.40 (ภาคผนวก ข หน้า 167)

3.12 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (สุวิมล ติรกานันท์, 2556, หน้า 125) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 (ภาคผนวก ข หน้า 168)

3.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 5 ข้อ เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

4. แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดเจตคติ

4.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์และน้ำหนักของแบบวัด โดยมีเนื้อหาครอบคลุมองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ดังนี้

4.2.1 ด้านความรู้สึก

4.2.2 ด้านพฤติกรรม

4.2.3 ด้านความคิด

ตารางที่ 3-7 การวิเคราะห์แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

องค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	น้ำหนัก	ข้อคำถามเชิงนิมาน (Positive)		ข้อคำถามเชิงนิเสธ (Negative)	
		จำนวนที่ออก (ข้อ)	จำนวนที่ใช้ (ข้อ)	จำนวนที่ออก (ข้อ)	จำนวนที่ใช้ (ข้อ)
1. ด้านความรู้สึก	30	5	3	5	3
2. ด้านพฤติกรรม	35	5	3	5	4
3. ด้านความคิด	35	5	4	5	3
รวม	100	15	10	15	10

4.3 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert) ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามเชิงนิมาน (Positive) และข้อคำถามเชิงนิเสธ (Negative) จำนวน 20 ข้อ โดยการให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อคำถามเชิงนิมาน (Positive)

5 คะแนน เมื่อตอบว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 คะแนน เมื่อตอบว่า เห็นด้วย

3 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่แน่ใจ

2 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่เห็นด้วย

1 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อคำถามเชิงนิเสธ (Negative)

5 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่เห็นด้วย

3 คะแนน เมื่อตอบว่า ไม่แน่ใจ

2 คะแนน เมื่อตอบว่า เห็นด้วย

1 คะแนน เมื่อตอบว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4.4 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

4.5 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบความตรงของข้อคำถาม

4.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบวัดที่มีค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบวัดที่มีความสอดคล้อง ซึ่งแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 169)

4.7 ดำเนินการปรับปรุงแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในด้านภาษาให้มีความถูกต้อง พร้อมตรวจสอบและแก้ไขการสะกดคำ (ภาคผนวก ข หน้า 170)

4.8 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 30 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) เป็นรายข้อ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ระหว่างคะแนนเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 222) แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.87 (ภาคผนวก ข หน้า 171)

4.9 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่มีค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัด โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (สุวิมล ติรกานันท์, 2556, หน้า 125) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 (ภาคผนวก ข หน้า 173)

4.10 จัดพิมพ์แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา กับกลุ่มตัวอย่างในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ รวม 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{X}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307)

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้สูตรของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-200) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

2.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

$$P = \frac{S_U - S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก
S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 222)

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

X แทน คะแนนรวม

Y แทน คะแนนรายข้อ

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (สุวิมล ติรกานันท์, 2556, หน้า 125)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้การทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample *t*-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad \text{และ } df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอนก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ใช้การทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample *t*-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

$$t = \frac{\bar{X}-\mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \qquad \text{และ } df = n - 1$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

4. ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	32	9.84	5.255	31	96.933*	.000
หลังเรียน	32	58.06	5.465			

$* p < 0.5$

จากตารางที่ 4-1 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 9.84 และหลังเรียนเท่ากับ 58.06 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 175)

2. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	n	เกณฑ์	$\bar{X}$	SD	df	t	p
หลังเรียน	32	56	58.06	5.465	31	2.135*	.021

$* p < 0.5$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 58.06 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 176)

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	n	**คะแนนเต็ม**	**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**		t	p
			$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	32	10	2.31	.896	7.19	.965	34.771*	.000
ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	32	10	2.38	.942	6.66	1.004	27.260*	.000
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	32	10	2.09	1.118	6.66	1.181	29.409*	.000
ขั้นตรวจสอบ	32	10	1.53	1.047	6.19	1.230	30.435*	.000
ภาพรวม	32	40	8.31	3.605	26.69	3.979	41.821*	.000

$* p < 0.5$

จากตารางที่ 4-3 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเรียนเท่ากับ 8.31 และหลังเรียนเท่ากับ 26.69 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 178) และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยขั้นตอนที่มีคะแนนหลังเรียนสูงที่สุด ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ส่วนขั้นตอนที่มีคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุด ได้แก่ ขั้นตรวจสอบ (ภาคผนวก ข หน้า 183)

4. ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบของเจตคติ	n	**คะแนนเต็ม**	**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**		t	p
			$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
ด้านความรู้สึก	32	30	18.44	2.078	21.91	2.131	19.957*	.000
ด้านพฤติกรรม	32	35	22.66	2.266	25.94	2.124	14.822*	.000
ด้านความคิด	32	35	22.66	2.280	25.84	2.050	13.552*	.000
ภาพรวม	32	100	63.72	5.877	73.69	6.233	18.534*	.000

$* p < 0.5$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนเท่ากับ 63.72 และหลังเรียนเท่ากับ 73.69 เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 188) และเมื่อพิจารณาเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามองค์ประกอบของเจตคติ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในแต่ละด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยด้านที่มีคะแนนหลังเรียนสูงที่สุด คือ ด้านพฤติกรรม ส่วนด้านที่มีคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุด คือ ด้านความรู้สึก (ภาคผนวก ข หน้า 191)

บทที่ 5
สรุปผล และอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 32 คนได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 4 แผน 2) แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลแบบอัตนัยในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27-0.55 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.51 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.37-0.49 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.40 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 และ 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.87 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ซึ่งดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเดียว และมีการสอบก่อนการทดลองและสอบหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample *t*-test) และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample *t*-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการตามขั้นตอน และนำผลการวิจัยที่ได้มาวิเคราะห์ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีประเด็นการอภิปรายดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ใหม่หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และหาวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้สถานการณ์นั้น ๆ ด้วยตนเอง ส่งผลทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และยังส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการ

เรียนรู้ และเป็นผู้ให้ข้อเสนอแนะเท่านั้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ประกอบด้วย 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้พื้นฐานหรือความเข้าใจเดิมออกมา โดยผ่านกระบวนการตอบคำถามที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ ทำให้ครูสามารถทราบถึงพื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน เนื่องจากการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนหรือขยายโครงสร้างทางความรู้ ซึ่งเกิดจากนักเรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์ใหม่เข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมีอยู่ (Hassard, 1990) อีกทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการรับความรู้ใหม่ และถ้าหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง ครูผู้สอนต้องทำการอธิบายเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม เกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนหรือแนวทางในการหาคำตอบ สืบค้นหาหลักการและทฤษฎี และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์และสามารถใช้มโนทัศน์นั้นได้อย่างดี (จำนง พรายแย้มแข, 2516, หน้า 49-50)

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล และเสนอผลในรูปรายงานการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการสรุป และอภิปรายผลโดยการอ้างอิงหลักการและทฤษฎีประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งเมื่อครูให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้ด้วยความเข้าใจของตนเองนั้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์นั้นเป็นของตนเองได้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 206)

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมไปฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งการใช้ความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้มา โดยการนำไปขยายหรือถ่ายโยง เพื่อแก้ปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ จะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์และความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้น (Slavin, 1994, p. 247) โดยมีการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาร่วมด้วย ซึ่งมีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีขั้นตอนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด การทำแผนผังมโนทัศน์ เพื่อประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งเมื่อครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนฝึกนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้มานั้นไปแก้ปัญหาใหม่ เพื่อให้นักเรียนมีการเรียนรู้มโนทัศน์นั้น ๆ อย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง (พันธ์ทองชุมนุม, 2547, หน้า 206)

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปสร้างองค์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ทำให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า วางแผน และลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าจนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ครูใช้คำถามนำความคิดของนักเรียนว่าแสงที่นักเรียนใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันนั้นเป็นคลื่นหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อหาคำตอบของปัญหา ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ลงมือศึกษา ค้นคว้า และหาคำตอบด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ใน เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างแท้จริง และสามารถนำมโนทัศน์เดิมไปเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ใหม่ได้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเน้นการปฏิบัติจริงมากที่สุด โดยการจัดการเรียนการสอนนั้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544) ซึ่งเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ในเนื้อหาส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาสรุปรวมเป็นมโนทัศน์ของตนเอง เพื่อนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525, หน้า 31) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพิชญา กมลรัตน์ (2557) ที่ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนมติ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนมติ มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือในการสืบค้น เสาะหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งการที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนั้น ทำให้นักเรียนสามารถจดจำได้นานและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย ส่งผลให้สามารถพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนได้ ซึ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองทำให้นักเรียนมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา มีโอกาสฝึกการจัดระบบความคิด รวมทั้งมีความรู้ที่คงทนและสามารถถ่ายโอนความรู้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการเรียนได้เร็วขึ้น (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิจิตรา ศรีพัดยศ (2558) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้รู้จักคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและฝึกการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน โดยนำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยามาประยุกต์ใช้ในขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยสามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ตรงไหน โจทย์ถามหาอะไร และข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการมองหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนลงมือดำเนินการคิดคำนวณตามแผนการที่วางเอาไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาในแต่ละขั้นตอนนั้นช่วยทำให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้นและสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเอง อีกทั้งสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นได้ สอดคล้องกับแนวคิดของโพลยา (Polya, 1973) ที่กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบแก้โจทย์ปัญหาตามรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยามีจุดประสงค์ในการช่วยเหลือนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในบางครั้งนักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง ดังนั้นครูต้องเป็นผู้คอยชี้แนะให้นักเรียนค้นพบหนทางในการแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยตนเอง จึงจะส่งผลให้นักเรียนมีประสิทธิภาพในการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนอยู่ที่ 26.69 ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (28 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของแบบทดสอบที่เป็นแบบอัตนัยทั้งหมด ที่นักเรียนจะต้องแสดงวิธีทำอย่างละเอียด ดังนั้นนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชา และกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นอย่างดี แต่ด้วยลักษณะเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม และมีความซับซ้อนในการแก้โจทย์ปัญหา (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551, หน้า 19-21) จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนยังต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ช่วยให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยามีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาอย่างชัดเจน (Polya, 1973) ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) มีคะแนนสูงที่สุด เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าโจทย์ปัญหากำหนดอะไรมาให้บ้าง และสามารถบอกได้ว่าโจทย์นั้นต้องการทราบอะไร แสดงให้เห็นว่าขั้นนี้มีข้อบกพร่องน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา สายวิเศษ (2549) ที่ศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงตัวแปรเดียวตามตัวแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 พบว่า นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีข้อบกพร่องขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา น้อยที่สุด นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking back) มีคะแนนต่ำที่สุด เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ละเลยในการตรวจสอบคำตอบที่ได้ อีกทั้งไม่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ เช่น โจทย์ต้องการทราบความยาวคลื่นของแสงมีค่าเท่าใด เมื่อนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาในขั้นที่ 3 แล้ว ได้คำตอบว่า แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร นักเรียนมักจะนำคำตอบที่ได้มาเขียนตอบในขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบเลย โดยไม่แสดงวิธีการตรวจคำตอบ ซึ่งทำให้นักเรียนไม่สามารถทราบได้ว่าคำตอบที่ได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ แสดงให้เห็นว่าขั้นนี้มีข้อบกพร่องมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชญารัตน์ บัวกิ่ง (2549) ที่ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและระบบสมการเชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 พบว่า ในขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา มีนักเรียนมีข้อบกพร่องในขั้นนี้จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 27.70 ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด และพบว่าในขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบวิธีการและคำตอบ มีนักเรียนมีข้อบกพร่องในขั้นนี้จำนวน 289 คน คิดเป็นร้อยละ 97.63 ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด

3. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตาม

เทคนิคของโพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ซึ่งเมื่อครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดเห็น มีการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกัน จึงส่งผลให้นักเรียนลดความกดดันในการเรียน อีกทั้งเมื่อนำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยามาประยุกต์ใช้ ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง เกิดเป็นความภาคภูมิใจในตนเอง และเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน จึงส่งผลให้เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ โคเลสนิก (Kolesnik, 1970) ที่กล่าวว่า เจตคติของบุคคลจะพัฒนาไปได้เกิดจากสาเหตุที่บุคคลมีโอกาสปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น เกิดจากการถ่ายทอดแบบการกระทำหรือรับความคิดเห็นของบุคคลอื่นมาเป็นของตนเอง และเป็นการพยายามตอบสนองต่อความต้องการของตนเอง ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนคะแนนสูงขึ้น จึงส่งผลให้เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้นตาม เนื่องจากการพัฒนาเจตคติต่อวิชาที่เรียน มักจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการเรียนในด้านต่าง ๆ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เจตคติต่อวิชาที่เรียนก็สูงขึ้นด้วย (Kolesnik, 1970) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ กาญจนา ศรีโสภา (2555) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับ หัทยา โรจน์วิรัตน์ (2559) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามองค์ประกอบของเจตคติ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในแต่ละด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในด้านพฤติกรรมมีคะแนนสูงที่สุด เนื่องจากนักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การร่วมกันทำการทดลอง ซึ่งทำให้นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ ออลล์ปอร์ต (Allport, 1967) ที่กล่าวว่า

ประสบการณ์มีส่วนในการสร้างเจตคติ ดังนั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนด้วยตนเอง จะสามารถส่งเสริมให้เจตคติต่อการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในด้านความรู้สึกมีคะแนนเพิ่มน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากประสบการณ์การเรียนในวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาของนักเรียน ซึ่งเนื้อหาของวิชานั้นค่อนข้างยาก ต้องมีการเชื่อมโยงนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ มาใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งอาจทำให้นักเรียนมีความรู้สึกที่ไม่ชอบ ไม่อยากเรียน โดยการเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียนนั้นต้องอาศัยเวลาในการเปลี่ยนแปลงพอสมควร แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เวลาในการทดลองเพียง 12 ชั่วโมง ซึ่งอาจทำให้เจตคติทางด้านความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไปได้ไม่มากพอ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเจตคติเป็นสภาพทางจิตใจที่มีความถาวรพอสมควร ซึ่งโดยทั่วไปเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ค่อนข้างยาก เพราะเมื่อบุคคลเกิดเจตคติอย่างใดต่อสิ่งใดหรือบุคคลใดแล้ว การที่จะทำให้เขาเปลี่ยนแปลงเจตคติไปเป็นอย่างอื่น จำเป็นต้องอาศัยเวลาพอสมควร (ประดินันท์ อุปรมัย, 2518, หน้า 114)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้หรือการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้

1.1 ครูผู้สอนควรศึกษาขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาอย่างละเอียด เพื่อให้มีความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีขั้นตอนและรายละเอียดในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก ดังนั้นก่อนเริ่มดำเนินการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรมีการปฐมนิเทศนักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการจัดกิจกรรม เพื่อให้สามารถดำเนินตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง และไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

1.3 จากวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ในขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เนื่องจากครูผู้สอนต้องทำการสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนแต่ละคน เพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างมากพอสมควร รวมถึงขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกลุ่มปฏิบัติการทดลอง ทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานมากจนใช้เวลาในการทำการทดลองแต่ละครั้งค่อนข้างนาน ดังนั้นครูผู้สอนควรปรับเวลายืดหยุ่นตามความเหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติการทดลอง มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน ซึ่งทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานและรู้สึกพึงพอใจกับการเรียน แสดงให้เห็นว่า กระบวนการกลุ่ม การมีส่วนร่วมในการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น่าจะมีผลต่อการเรียนของนักเรียน ซึ่งอาจนำไปเป็นตัวแปรในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปได้

2.2 ควรทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ร่วมกับวิธีการสอนอื่น ๆ ที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ให้มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่สูงขึ้น และเกิดความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2539). *แผนการสอนโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ. (2545). *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กาญจนา ศรีโสภา. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

กาญจนา สายวิเศษ. (2549). *การศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงตัวแปรเดียวตามตัวแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

จรูญ จียโชค. (2531). *โจทย์ปัญหา: สัมฤทธิ์ผลและขั้นตอนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาพานิช.

จำนง พรายแย้มแข. (2516). *เทคนิคและวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ฉวีวรรณ เศวตมาลย์. (2544). *ศิลปะการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

ฉวีวรรณ เศวตมาลย์. (2545). *ปกิณกะคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

ชัยพร วิชชาวุธ. (2519). *จิตวิทยาฉบับประสบการณ์*. กรุงเทพฯ: สารมวลชน.

ชาตรี เกิดธรรม. (2542). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เซ็นเตอร์ดิสคัฟเวอรี่.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ดารณี พุฒจันทร์หอม. (2558). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทิศนา แขมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมนเนจเม้นจ์ จำกัด.

ทิศนา แขมมณี. (2550). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2549). *ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

น้อมศรี เคท. (2537). *เรื่องน่ารู้สำหรับครูคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2531). *ระเบียบการวิจัยทางสังคมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2549). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: จามจุรี.

ปาริดา โชติเชย. (2558). การพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *รายงานสืบเนื่อง การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 "งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น", 2*, 384-391.

ประดินันท์ อุปรมัย. (2518). *จิตวิทยา.* กรุงเทพฯ: ศรีอนันต์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ, 10*(4), 25-30.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. (2525). การจัดลำดับและเนื้อหาประสบการณ์. *เอกสารการสอนชุดวิชา การสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1-7.* กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ดโปรดักชัน.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2551). *จิตวิทยาการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

พนารัตน์ วัดไทยสง. (2544). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรรณี ช.เจนจิต. (2538). *จิตวิทยาการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

พฤกษ์ โปร่งสำโรง. (2549). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิจิตรา ศรีพัดยศ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธี และเทคนิคการสอน 1.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *ทักษะ 5C เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2539). *เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1-9*, นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาสุโขทัยธรรมาธิราช.

มังกร ทองสุขดี. (2535). *การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2546). ลูกโซ่การเรียนรู้กระบวนการอินไควรี. *วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 32*, 7-13.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรวิทย์ วศินสรากร. (2517). *เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา*. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วราภรณ์ ชัยโอภาส. (2521). *การพัฒนาสมรรถภาพในการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ประเสริฐศิริ.

วิชญารัตน์ บัวกิ่ง. (2549). *การสร้างแบบทดสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและระบบสมการเชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

วุฒิชัย จารุภัทรกูล. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาชีววิทยา และพฤติกรรมการทำงานร่วมกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนการสอนแบบร่วมมือเทคนิค STDA.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศุภชัย ทวี. (2548). *การสอนตามแบบจำลองเชิงความคิดด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง. (2544). *สอนเด็กให้คิดเป็น*. กรุงเทพฯ: ทิปส์ พับลิเคชั่น.

สงวน สุทธิเลิศอรุณ. (2529). *ทฤษฎีและปฏิบัติการทางจิตวิทยา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรบัณฑิต.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2559). *ผลการจัดสอบ 9 วิชาสามัญ.* เข้าถึงได้จาก www.niets.or.th/index.html.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2544 ก). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2544 ข). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2547). *คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2548). *รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สมเดช บุญประจักษ์. (2543). *การแก้ปัญหา.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

สมนึก บุญไสว. (2534). การแก้ปัญหากับมโนมติในการเรียนการสอนฟิสิกส์. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 73*, 19-21.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กาฬสินธุ์: การประสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2551). เวลาเปลี่ยน คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน ช่างกระไร ใครหรอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). *วารสารฟิสิกส์ไทย, 25*, 19-24.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2). พ.ศ. 2545.* กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551 ก). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551 ข). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุนีย์ เงินยวง. (2546). *การจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์สมการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา.* วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพิชญา กมลรัตน์. (2557). *การส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนมติ.* วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุระ วุฒิพรหม. (2547). ทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง. *วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*, *32*, 20-23.

สุวร กาญจนมยูร. (2533). *เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เล่ม 3.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สุวิมล ติรกานันท์. (2556). *สถิติและการวิจัยทางการศึกษาเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2551). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ และอนุสรณ์ สกุลคู. (2522). *การประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

หน่วยศึกษานิเทศก์. (2545). *เอกสารเสริมความรู้กลุ่มทักษะคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หัทยา โรจน์วิรัตน์. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อรพินท์ ชื่นชอบ. (2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Allport, G. W. (1967). *Reading in attitude theory and measurement.* Edited by Matin Fishbein. New York: Willey.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view.* NY: Rinegart and Winston.

Billings, R. L. (2002). Assessment of the learning cycle and inquiry-based learning in high school physics education. *Masters Abstracts International, 40*(4), 89.

Brickhouse, N. W., Dagher, Z. R., Letts, W. J., & Shipman, H. L. (2000). Diversity of students view about evidence, theory, and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(4), 340-362.

Dewey, J. (1980) *How we thing.* Massachusetts: D.C. Heat and Company.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model: A proposed 7E model emphasizes "transfer of learning" and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher, 70*(6), 57-59.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education.* New York: Science Edition.

Hassard, J. (1990). *Science experiences: Cooperative learning and the teaching of science*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley.

Haidar, A. H, & Abrahum, M. R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching, 28,* 919-938.

Kolesnik, W. L. (1970). *Educational psychology* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Book.

Krulik, S. A, & Rudnick. (1987). *Problem solving: A handbook for teacher* (2nd ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Krulik, S. A. & Rudnick. (1996). *The new sourcebook for teaching reasoning and problem solving in junior and senior high school.* A Simon S. Schuster Company Massachusetts, USA.

Maccini, P. (1998). *Effects of an instructional strategy incorporating concrete problem representation of the introductory algebra performance of secondary students with learning disabilities.* Pennsylvania State University, University Park.

Maccini, P., & Gagnon, J. C. (2000). Best practices for teaching mathematics to secondary students with special needs. *Focus on Exceptional Children, 32*(5), 1-22.

Marek, E. A., Eubanks, C., & Gallaber, T. H. (1990). Teacher's understanding and the use of the learning cycle. *Journal of Research in Science Teaching, 27,* 821-834.

Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method.* Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Polya, G. (1980). *On solving mathematical problem in high school.* Yearbook, Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.

Slavin, R. E. (1994). *Educational psychology theory and practice.* Massachusetts: Allyn and Bacon.

Somers, R. L. (2005). *Putting down roots in environmental literacy: A study of middle school student participation in Louisiana sea grant's coastal roots project.* Retrieved Available from: http://etd.lsu.edu./docs/available/etd04142005104733/unrestricted/Somers_thesis.pdf

Selcuk, G. S., Caliskan, S. & Erol, M. (2008) The effects of problem solving instruction on physics achievement, problrm solving performance and strategy use. *Lat Am Phys Educ, 2,* 151-166.

Smith, E., I., Theron D. B., & Charles, W. A. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching. 30*(1), 111-136.

Wade, E. G. (1995). *A study of the effects of a constructivist-based mathematics problem-solving instructional program on the attitudes, self-confidence, and achievement of post fifth-grade students.* Dissertation Abstract International.

Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age student understanding of concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(1), 51-61.

Zimbado, P. G. (1971). *Influencing attitudes and changing behavior* (2nd ed.). Reading Mash: Addison-Wesley.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ลักษณ์มงคล ถาวรณา	อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
2. อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
5. อาจารย์ ดร.พรรณทิพา ตันตินัย	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6218/ว.0868 **วันที่** 28 กันยายน พ.ศ. 2559
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน

ด้วยนางสาวจุไรรัตน์ สอนสีดา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6218/1141 **วันที่** 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยนางสาวจุไรรัตน์ สอนสีดา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” ในความควบคุมดูแลของของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 3-4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6218/1142 **วันที่** 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยนางสาวจุไรรัตน์ สอนสีดา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” ในความควบคุมดูแลของของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสม
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง
- ตารางแสดงการปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

ตารางที่ ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
สอน								
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	***SD***	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	5	4.60	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เกรตติง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การกระเจิงของแสง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	0.45	มากที่สุด
2. ด้านจุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

ตารางที่ ข-5 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	1	1	0	1	1	5	0.80
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-6 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					***R***	**IOC** $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	1	1	0	1	1	5	0.80
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-7 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เกรตติง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	1	1	0	1	1	5	0.80
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-8 การประเมินระดับค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การกระเจิงของแสง

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					***R***	**IOC** $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา	1	1	0	1	1	5	0.80
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

สรุปการปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ข-9 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
การสื่อความหมายของข้อความให้เข้าใจง่าย ถูกต้อง และการสะกดคำ	**สาระสำคัญ** การแทรกสอดของแสงเป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่น เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (Antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบบัพ (Node: N) เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d จะเกิดการแทรกสอด ซึ่งมีความสัมพันธ์ของการเกิดแถบมืดหรือแถบบัพ	**สาระสำคัญ** การแทรกสอดของแสงเป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่นกล่าวคือ เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (Antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (Node: N) เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d จะเกิดการแทรกสอด โดยมีความสัมพันธ์ของการเกิดแถบมืด (แถบบัพ)
	จุดประสงค์ของการเรียนรู้ นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างบนฉาก นักเรียนสามารถบอกวิธีการคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	**จุดประสงค์ของการเรียนรู้** นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก นักเรียนสามารถบอกวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง
	การจัดการเรียนรู้ ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนจาก เรื่อง คลื่นน้ำและเสียง ว่าทั้งคลื่นน้ำและเสียงต่างเป็นคลื่นซึ่งสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้ คือ การสะท้อน การหักเห	**การจัดการเรียนรู้** 1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนจาก เรื่อง คลื่นน้ำและเสียง ว่าทั้งคลื่นน้ำและเสียงต่างเป็นคลื่นซึ่งสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้ คือ การสะท้อน การหักเห

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำและเสียง(นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความเข้าใจของตนเอง) จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการแทรกสอดที่เกิดจากคลื่นน้ำและเสียง เพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน - แสงเป็นคลื่นหรือไม่ - มีวิธีการตรวจสอบสมบัตินี้อย่างไร - ครูใช้คำถามเพื่อสรุปผลการทดลองที่นักเรียนได้ - ช่องทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าไร - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาตามใบงานที่ 1	การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน 1.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำและเสียง (นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความเข้าใจของตนเอง) 1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการแทรกสอดที่เกิดจากคลื่นน้ำและเสียง เพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน -นักเรียนคิดว่าแสงเป็นคลื่นหรือไม่ - นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบสมบัตินี้อย่างไร - ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง - ช่องทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าไร (d = ?) - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาตามใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง
	สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้ 1. สลิตคู่ 2. เลเซอร์	**สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้** 1. อุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การแทรกสอดของแสง

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	3. กระดาษสีขาว 4. ไม้เมตร - เพิ่มคำชี้แจงในการทำใบงาน	ประกอบด้วย 1.1 สลิตคู่ 1.2 เลเซอร์ 1.3 กระดาษสีขาว 1.4 ไม้เมตร 2. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง 3. ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง 4. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง 5. แบบสังเกตพฤติกรรม - ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้
	ด้านการวัดและประเมินผล - ตอบคำถามของครู - คำถาม - ตรวจจากรายงานการทดลอง - ผลการประเมินอยู่ในระดับดีถึงดีมาก	**ด้านการวัดและประเมินผล** - การตอบคำถาม - คำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ - ตรวจจากรายงานการทดลองเรื่อง การแทรกสอดของแสง - นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 - นักเรียนเขียนรายงานการทดลองได้ถูกต้องร้อยละ 70

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ตารางที่ ข-10 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	0	1	4	0.80
5	0	1	1	1	1	4	0.80
6	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	0	1	1	1	1	4	0.80
12	1	1	1	1	1	5	1.00
13	1	1	1	0	1	4	0.80
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1	1	1	1	1	5	1.00
17	1	1	1	1	1	5	1.00
18	0	1	1	1	1	4	0.80
19	1	1	1	1	1	5	1.00
20	1	1	1	1	0	4	0.80
21	1	1	1	1	1	5	1.00
22	1	1	1	0	1	4	0.80
23	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-10 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
24	1	1	1	1	1	5	1.00
25	1	1	1	1	1	5	1.00
26	1	1	1	1	1	5	1.00
27	1	1	1	1	1	5	1.00
28	1	1	1	0	1	4	0.80
29	1	1	1	1	1	5	1.00
30	1	1	1	1	1	5	1.00

สรุปการปรับแก้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ข-11 การปรับแก้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ด้านภาษาและการสะกดคำผิด	ข้อ 2 เมื่อให้ลำแสงขนานสีของแสงสีเดียวมีความยาวคลื่น	ข้อ 2 เมื่อให้ลำแสงขนานของแสงสีเดียวที่มีความยาวคลื่น
	ข้อ 3 เมื่อให้ลำแสงขนานผ่านสลิตคู่ แสงสีใดจะให้จำนวนแถบสว่างน้อยที่สุด	ข้อ 3 ถ้าให้ลำแสงขนานผ่านสลิตคู่แล้วแสงสีใดจะให้จำนวนแถบสว่างน้อยที่สุด
	ข้อ 4 พบว่าเกิดแถบมืดแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร	ข้อ 4 พบว่าเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร แล้วพิจารณาข้อความต่อไปนี้
	ข้อ 6 อัตราส่วนของ λ_1 และ λ_2 มีค่าเท่าไร	ข้อ 6 จงหาอัตราส่วนของ λ_1 และ λ_2 มีค่าเท่าไร
	ข้อ 7 เมื่อทำการทดลองการเลี้ยวเบนของเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวใต้ผิวน้ำ เปรียบเทียบกับการทดลองในอากาศ ข้อความใดถูกต้องที่สุด	ข้อ 7 การทดลองการเลี้ยวเบนของเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวใต้ผิวน้ำเปรียบเทียบกับการทดลองการเลี้ยวเบนของแสงในอากาศ ข้อความใดกล่าวถูกต้องที่สุด
	ข้อ 9 แสงความคลื่น 400 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉากไปปรากฏเป็นริ้วมืดสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตรถ้าแถบมืดสองข้างแถบสว่างกลางห่าง 4 มิลลิเมตร	ข้อ 9 แสงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉากไปปรากฏเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตรถ้าแถบมืดสองข้างของแถบสว่างกลางห่าง 4 มิลลิเมตร
	ข้อ 12 ฉายผ่านรอยแตกของแผ่นฟิล์มแล้วนำฉากไปรับ	ข้อ 12 ฉายผ่านรอยแตกของแผ่นฟิล์ม จากนั้นนำฉากไป

ตารางที่ ข-11 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	แสง	รับแสง
	ข้อ 13 ถามว่าแถบสว่างตรงกลางเป็นสีอะไร	ข้อ 13 นักเรียนคิดว่าแถบสว่างตรงกลางเป็นสีอะไร
	ข้อ 18 สมบัติของใดของแสงเลเซอร์ที่ทำให้ผลการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงปรากฏภาพการเลี้ยวเบนได้ชัดที่สุด	ข้อ 18 คุณสมบัติใดของแสงเลเซอร์ที่ทำให้ผลการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงปรากฏภาพการเลี้ยวเบนได้ชัดที่สุด

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ตารางที่ ข-12 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.47	0.37	ใช้ได้	1	16	0.29	0.31	ใช้ได้	11
2	0.42	0.23	ใช้ได้	2	17	0.39	0.24	ใช้ได้	12
3	0.32	0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	18	0.38	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	0.47	0.27	ใช้ได้	3	19	0.36	0.22	ใช้ได้	13
5	0.48	0.33	ใช้ได้	4	20	0.50	0.23	ใช้ได้	14
6	0.40	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	21	0.40	0.22	ใช้ได้	15
7	0.36	0.22	ใช้ได้	5	22	0.48	0.30	ใช้ได้	16
8	0.52	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	23	0.42	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
9	0.53	0.27	ใช้ได้	6	24	0.43	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
10	0.32	0.24	ใช้ได้	7	25	0.33	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.40	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	26	0.44	0.22	ใช้ได้	17
12	0.27	0.27	ใช้ได้	8	27	0.55	0.23	ใช้ได้	18
13	0.48	0.28	ใช้ได้	9	28	0.42	0.23	ใช้ได้	19
14	0.38	0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	0.45	0.03	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
15	0.48	0.30	ใช้ได้	10	30	0.52	0.51	ใช้ได้	20

ตารางที่ ข-13 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก *(D*) ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
1	0.47	0.37
2	0.42	0.23
3	0.47	0.27
4	0.48	0.33
5	0.36	0.22
6	0.53	0.27
7	0.32	0.24
8	0.27	0.27
9	0.48	0.28
10	0.48	0.30
11	0.29	0.31
12	0.39	0.24
13	0.36	0.22
14	0.50	0.23
15	0.40	0.22
16	0.48	0.30
17	0.44	0.22
18	0.55	0.23
19	0.42	0.23
20	0.52	0.51

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coeffiecient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$$

หาค่าความแปรปรวนจากสูตร $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 30$

$\sum X = 1135$

$(\sum X)^2 = 1288225$

$\sum X^2 = 46367$

แทนค่า $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \frac{(30)(46367) - (1288225)}{(30)(30-1)}$

$= \frac{1391010 - 1288225}{870}$

$= \frac{102785}{870}$

$= 118.14$

$\sum S_i^2 = 16.54$

$n = 20$

จากสูตร $\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$

$= \frac{20}{20-1}\left(1 - \frac{16.54}{118.14}\right)$

$= 1.05 \times 0.86$

$= 0.90$

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ตารางที่ ข-14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00

สรุปการปรับแก้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ข-15 การปรับแก้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ด้านภาษาและการสะกดคำผิด	ข้อ 2 ให้แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกินลวดลายการแทรกสอดที่อยู่ห่างจากสลิต 3 เมตร วัดระยะระหว่างกึ่งกลางของแถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันได้ 1.5 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นเท่าใดในหน่วยมิลลิเมตร	ข้อ 2 ให้แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดลวดลายการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต 3 เมตร วัดระยะระหว่างกึ่งกลางของแถบสว่าง 2 แถบ ที่ติดกันได้ 1.5 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นกี่มิลลิเมตร
	ข้อ 4 จงหาความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้มีค่าเป็นกี่เท่าใด	ข้อ 4 จงหาความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้มีค่าเป็นเท่าใด
	ข้อ 5 เกรตติงชนิด 10000 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ส่งผ่านจะเกิดแถบสว่างบนฉากทั้งหมดกี่แถบ	ข้อ 5 เกรตติงชนิด 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ส่งผ่านเกรตติงจะเกิดแถบสว่างบนฉากทั้งหมดกี่แถบ

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ตารางที่ ข-16 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.33	0.18	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	6	0.39	0.40	ใช้ได้	3
2	0.37	0.37	ใช้ได้	1	7	0.44	0.37	ใช้ได้	4
3	0.45	0.27	ใช้ได้	2	8	0.37	0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	0.49	0.18	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	9	0.47	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.42	0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	10	0.49	0.33	ใช้ได้	5

ตารางที่ ข-17 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 5 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
1	0.37	0.37
2	0.45	0.27
3	0.39	0.40
4	0.44	0.37
5	0.49	0.33

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coeffiecient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$$

หาค่าความแปรปรวนจากสูตร $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 30$

$\sum X = 584$

$(\sum X)^2 = 341056$

$\sum X^2 = 12630$

แทนค่า $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \frac{(30)(12630) - (341056)}{(30)(30-1)}$

$= \frac{378900 - 341056}{870}$

$= \frac{37844}{870}$

$= 43.50$

$\sum S_i^2 = 13.29$

$n = 5$

จากสูตร $\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$

$= \frac{5}{5-1}\left(1 - \frac{13.29}{43.50}\right)$

$= 1.25 \times 0.70$

$= 0.87$

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ตารางที่ ข-18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในด้านต่าง ๆ

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC $(\sum R/N)$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1	1	1	1	1	5	1.00
13	1	1	0	1	1	4	0.80
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1	1	1	1	1	5	1.00
17	1	1	1	1	1	5	1.00
18	1	1	1	1	1	5	1.00
19	1	1	1	1	1	5	1.00
20	1	1	1	1	1	5	1.00
21	1	1	1	1	1	5	1.00
22	1	1	1	1	1	5	1.00
23	1	1	1	1	1	5	1.00

ตาราง ข-18 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
24	1	1	1	1	1	5	1.00
25	1	1	1	1	1	5	1.00
26	1	1	1	1	1	5	1.00
27	1	1	1	1	1	5	1.00
28	1	1	1	1	1	5	1.00
29	1	1	1	1	1	5	1.00
30	1	1	1	1	1	5	1.00

สรุปการปรับแก้แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ข-19 การปรับแก้แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ด้านภาษาและการสะกดคำผิด	ข้อ 16 นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาที่ท้ายทายความสามารถ	ข้อ 16 นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาที่ท้ายทายความสามารถ<u>ในการเรียนรู้</u>
	ข้อ 17 นักเรียนคิดว่าการเรียนวิชาฟิสิกส์ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสาขาอื่น ๆ ได้	ข้อ 17 นักเรียนคิดว่าการเรียนวิชาฟิสิกส์ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้<u>ร่วมกับ</u>สาขาอื่น ๆ ได้

ตารางที่ ข-20 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	r_{xy}	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	r_{xy}	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.67	ใช้ได้	1	16	0.57	ใช้ได้	10
2	0.30	ใช้ได้	2	17	0.50	ใช้ได้	11
3	0.39	ใช้ได้	3	18	0.24	ใช้ได้	12
4	0.50	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	19	0.66	ใช้ได้	13
5	0.50	ใช้ได้	4	20	0.59	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
6	0.25	ใช้ได้	5	21	0.74	ใช้ได้	14
7	0.78	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	22	0.77	ใช้ได้	15
8	0.64	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	23	0.64	ใช้ได้	16
9	0.32	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	24	0.26	ใช้ได้	17
10	0.51	ใช้ได้	6	25	0.33	ใช้ได้	18
11	0.33	ใช้ได้	7	26	0.66	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
12	0.47	ใช้ได้	8	27	0.03	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
13	0.67	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	28	0.41	ใช้ได้	19
14	0.33	ใช้ได้	9	29	0.59	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
15	0.39	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	30	0.60	ใช้ได้	20

ตารางที่ ข-21 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	r_{xy}
1	0.58
2	0.25
3	0.42
4	0.51
5	0.28
6	0.53
7	0.22
8	0.46
9	0.22
10	0.58
11	0.56
12	0.54
13	0.63
14	0.87
15	0.74
16	0.57
17	0.26
18	0.53
19	0.45
20	0.63

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coeffiecient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$$

หาค่าความแปรปรวนจากสูตร $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 30$

$\sum X = 2024$

$(\sum X)^2 = 4096576$

$\sum X^2 = 139264$

แทนค่า $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \frac{(30)(139264) - (4096576)}{(30)(30-1)}$

$= \frac{4177920 - 4096576}{870}$

$= \frac{81344}{870}$

$= 93.50$

$\sum S_i^2 = 16.28$

$n = 20$

จากสูตร $\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{\sum S_t^2}\right)$

$= \frac{20}{20-1}\left(1 - \frac{16.28}{93.50}\right)$

$= 1.05 \times 0.83$

$= 0.87$

ตารางที่ ข-22 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)

คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	10	56	17	9	56
2	8	56	18	7	59
3	7	59	19	7	58
4	15	60	20	13	62
5	0	50	21	15	58
6	9	57	22	8	57
7	14	58	23	19	66
8	11	57	24	5	54
9	0	43	25	9	61
10	12	60	26	10	59
11	9	56	27	11	63
12	8	58	28	18	68
13	11	56	29	0	55
14	10	58	30	20	70
15	16	63	31	9	57
16	0	45	32	15	63
			$\bar{X}$	9.84	58.06
			SD	5.26	5.47

ตารางที่ ข-23 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	58.06	32	5.465	.966
	Pretest	9.84	32	5.255	.929

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.863	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	48.219	2.814	.497

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	47.204	49.233	96.933	31	.000

ตารางที่ ข-24 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนนจากคะแนนเต็ม 80 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Posttest	32	58.06	5.465	.966

One-Sample Test

	Test Value = 56					
	t	***df***	**Sig. (2-tailed)**	**Mean Difference**	**Lower**	**Upper**
Posttest	2.135	31	.041	2.063	.09	4.03

ตารางที่ ข-25 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	8	28	17	6	21
2	6	25	18	7	21
3	8	29	19	8	29
4	12	30	20	13	31
5	0	22	21	11	30
6	6	28	22	7	27
7	8	30	23	15	31
8	9	25	24	5	26
9	2	21	25	8	29
10	11	32	26	9	25
11	5	23	27	12	29
12	7	20	28	13	30
13	9	26	29	4	20
14	10	27	30	15	34
15	13	29	31	7	28
16	3	19	32	9	29
			$\bar{X}$	8.31	26.69
			SD	3.61	3.98

ตารางที่ ข-26 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	26.69	32	3.979	.703
	Pretest	8.31	32	3.605	.637

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.790	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	18.375	2.485	.439

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	17.479	19.271	41.821	31	.000

ตารางที่ ข-27 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นทำความเข้าใจปัญหา และขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา			
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา		ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	2	8	3	7
2	2	7	2	7
3	3	8	3	8
4	4	8	3	8
5	0	6	0	6
6	2	8	2	7
7	2	8	3	7
8	3	7	2	6
9	1	6	1	6
10	2	8	3	7
11	2	6	2	6
12	2	5	2	5
13	2	7	3	6
14	3	7	2	7
15	3	8	4	7
16	1	6	1	5
17	2	6	2	5
18	2	6	2	5
19	2	8	3	8
20	3	8	3	7
21	3	8	2	8
22	2	7	2	6
23	4	8	4	7

ตารางที่ ข-27 (ต่อ)

คนที่	กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา			
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา		ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
24	1	6	2	6
25	2	8	2	7
26	3	7	2	6
27	3	8	4	7
28	3	8	3	7
29	2	6	1	5
30	4	9	4	8
31	2	7	2	7
32	2	7	2	8
$\bar{X}$	2.31	7.19	2.38	6.66
SD	.896	.965	.942	1.004

ตารางที่ ข-28 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา			
	ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบ	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	1	7	2	6
2	1	6	1	5
3	2	7	0	6
4	3	7	2	7
5	0	5	0	5
6	1	7	1	6
7	2	8	1	7
8	2	6	2	6
9	0	5	0	4
10	3	9	3	8
11	1	6	0	5
12	2	5	1	5
13	2	7	2	6
14	3	7	2	6
15	3	7	3	7
16	1	4	0	4
17	1	5	1	5
18	2	5	1	5
19	2	6	1	7
20	4	8	3	8
21	3	7	3	7
22	2	7	1	7
23	4	8	3	7

ตารางที่ ข-28 (ต่อ)

คนที่	กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา			
	ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบ	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
24	1	7	1	7
25	2	7	2	7
26	2	7	2	5
27	3	8	2	6
28	4	8	3	7
29	1	5	0	4
30	4	8	3	9
31	2	7	1	7
32	3	7	2	7
$\bar{X}$	2.09	6.66	1.53	6.19
SD	1.118	1.181	1.047	1.230

ตารางที่ ข-29 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	7.19	32	.965	.171
	Pretest	2.31	32	.896	.158

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.639	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	4.875	.793	.140

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	4.589	5.161	34.771	31	.000

ตารางที่ ข-30 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	6.66	32	1.004	.177
	Pretest	2.38	32	.942	.166

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.584	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	4.281	.888	.157

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	3.961	4.602	27.260	31	.000

ตารางที่ ข-31 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	6.66	32	1.181	.209
	Pretest	2.09	32	1.118	.198

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.710	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	4.563	.878	.155

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	4.246	4.879	29.409	31	.000

ตารางที่ ข-32 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นตรวจสอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	6.19	32	1.230	.217
	Pretest	1.53	32	1.047	.185

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.722	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	4.656	.865	.153

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	4.344	4.968	30.435	31	.000

ตารางที่ ข-33 คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ได้จากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 100 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	57	71	17	60	73
2	68	73	18	57	67
3	72	83	19	67	75
4	62	72	20	71	80
5	68	77	21	69	81
6	57	67	22	72	79
7	55	68	23	66	75
8	57	72	24	63	71
9	58	65	25	74	85
10	65	69	26	78	87
11	61	70	27	56	65
12	63	69	28	61	68
13	57	69	29	64	78
14	68	75	30	58	68
15	56	74	31	72	81
16	66	79	32	61	72
			$\bar{X}$	63.72	73.69
			SD	6.223	5.877

ตารางที่ ข-34 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	73.69	32	5.877	1.039
	Pretest	63.72	32	6.223	1.100

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.875	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	9.969	3.043	.538

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	8.872	11.066	18.534	31	.000

ตารางที่ ข-35 คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของเจตคติที่ได้จากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	องค์ประกอบของเจตคติ					
	ด้านความรู้สึก		ด้านพฤติกรรม		ด้านความคิด	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	16	20	21	26	20	25
2	20	22	24	26	24	25
3	23	26	25	29	24	28
4	18	22	23	26	21	24
5	21	24	24	27	23	26
6	17	20	21	24	19	23
7	16	20	20	25	19	23
8	16	20	20	26	21	26
9	18	20	21	23	19	22
10	19	21	22	23	24	25
11	17	20	22	24	22	26
12	18	20	23	25	22	24
13	16	19	20	25	21	25
14	21	24	23	26	14	25
15	17	22	20	26	19	26
16	19	24	23	27	24	28
17	17	22	21	22	22	26
18	17	20	19	20	21	23
19	19	22	24	22	24	26
20	20	24	26	24	25	27
21	20	25	24	25	25	28
22	21	24	25	24	26	28
23	19	22	24	22	23	27

ตารางที่ ข-35 (ต่อ)

คนที่	องค์ประกอบของเจตคติ					
	ด้านความรู้สึก		ด้านพฤติกรรม		ด้านความคิด	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
24	18	20	23	20	22	25
25	21	26	27	26	26	29
26	23	26	28	26	27	30
27	16	20	19	20	21	23
28	17	20	21	23	23	25
29	18	23	24	27	23	28
30	16	20	21	23	21	25
31	20	23	25	28	27	30
32	16	20	22	26	23	26
$\bar{X}$	18.44	21.91	22.66	25.94	22.66	25.84
SD	2.078	2.131	2.266	2.124	2.280	2.050

ตารางที่ ข-36 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านความรู้สึก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	21.91	32	2.131	.377
	Pretest	18.44	32	2.078	.367

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.891	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	3.469	.983	.174

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	3.114	3.823	19.957	31	.000

ตารางที่ ข-37 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านพฤติกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	25.94	32	2.124	.376
	Pretest	22.66	32	2.266	.401

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.840	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	3.281	1.250	.221

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	2.830	3.732	14.844	31	.000

ตารางที่ ข-38 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ด้านความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	***N***	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest	25.84	32	2.050	.362
	Pretest	22.66	32	2.280	.403

Paired Samples Correlations

		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	Posttest & Pretest	32	.816	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**
Pair 1	Posttest-Pretest	3.188	1.330	.235

Paired Samples Test

		Paired Differences		***t***	***df***	**Sig. (2-taild)**
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	**Upper**			
Pair 1	Posttest-Pretest	2.708	3.667	13.552	31	.000

ภาคผนวก ค

- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **รายวิชา** ฟิสิกส์

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 **รหัส** ว 32205 **ภาคเรียนที่** 2/2559

เรื่อง การแทรกสอดของแสง **เวลา** 4 ชั่วโมง **ผู้สอน** นางสาวจุไรรัตน์ สอนสีดา

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

การแทรกสอดของแสง เป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่น กล่าวคือ เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (Antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (Node: N) ที่จุด x ใด ๆ มีความสัมพันธ์ที่จะเกิดแถบการแทรกสอดจากสลิตคู่ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันพันธ์ S_1 และ S_2 ที่ห่างกัน d คือ

สำหรับแถบปฏิบัพ

$$|S_1x - S_2x| = dsin\theta = \frac{dx}{L} = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

สำหรับแถบบัพ

$$|S_1x - S_2x| = dsin\theta = \frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

ผลการเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าแสงเป็นคลื่น ซึ่งสามารถแสดงการแทรกสอดของแสงได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายการแทรกสอดของแสง เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสงได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายการแทรกสอดของแสง เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้

2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้

3. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ ตำแหน่งของแถบสว่างใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ และตำแหน่งของแถบมืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$

4. นักเรียนสามารถบอกวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสงได้

5. นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่น

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถทดลองการแทรกสอดของแสง เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้

2. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสง

ด้านคุณลักษณะ (A)

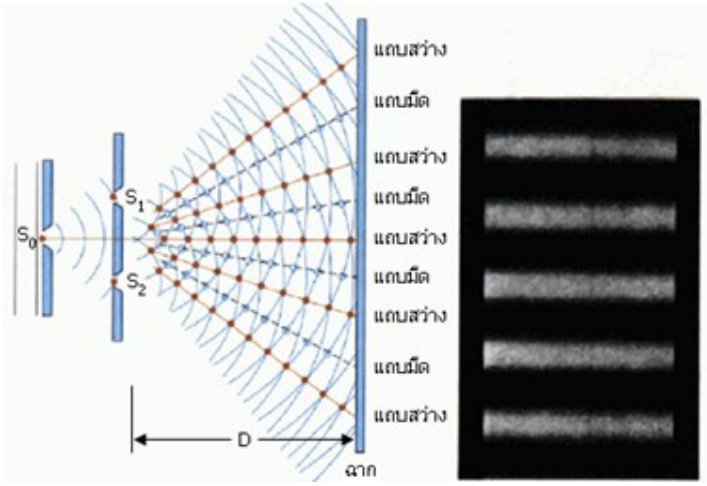
1. นักเรียนมีความตรงต่อเวลา

2. นักเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียนและงานที่ได้รับมอบหมาย

สาระการเรียนรู้

การแทรกสอดของแสง

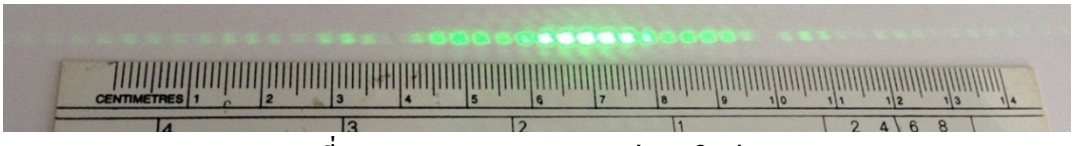
การแทรกสอดของแสง (Interference) เกิดได้ต่อเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวน เคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยแหล่งกำเนิดแสงจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้คลื่นแสงความถี่เดียวกัน และความยาวคลื่นเท่ากัน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 คลื่นแสง 2 ขบวนจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์มาแทรกสอดกันบนฉาก

ที่มา: http://physic512.blogspot.com/2014/10/interference.html

ซึ่งสามารถศึกษาสมบัติการแทรกสอดของแสดงได้โดยการใช้สลิตคู่ (Double slit) ซึ่งสลิตคู่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ เมื่อแสงเดินทางผ่านสลิตคู่ทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (Antinode: A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหลักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (Node: N) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

โดยสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นของแสงได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

เมื่อ	λ	คือ	ความยาวคลื่นแสง (m)
	d	คือ	ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (m)
	n	คือ	ลำดับการแทรกสอดของแสง
	L	คือ	ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิต (m)
	x	คือ	ระยะจากแถบสว่างถึงแถบสว่างที่ n บนฉากรับแสง (m)

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร ☑ ความสามารถในการคิด
☐ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา
☑ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ ซื้อสัตย์สุจริต ☑ มีวินัย
☑ มุ่งมั่นในการทำงาน ☐ อยู่อย่างพอเพียง ☑ ใฝ่เรียนรู้
☐ รักความเป็นไทย ☐ มีจิตสาธารณะ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนจาก เรื่อง คลื่นและเสียง ซึ่งคลื่นน้ำและคลื่นเสียงต่างเป็นคลื่นที่สามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้

1.2 ครูให้นักเรียนช่วยกันบอกถึงสมบัติของว่ามีอะไรบ้าง (สมบัติของคลื่นประกอบด้วย การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน)

1.3 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำและคลื่นเสียง (นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความเข้าใจของตนเอง)

1.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแทรกสอดที่เกิดจากคลื่นน้ำและคลื่นเสียงเพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)

2.1 ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนช่วยกันร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าแสงเป็นคลื่นหรือไม่ เพราะเหตุใด (นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง)
- นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบสมบัตินี้ได้อย่างไร (นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง)

2.2 ครูนำเข้าสู่การทดลองเพื่อศึกษาสมบัติการแทรกสอดของแสง โดยให้นักเรียนหาความยาวคลื่นแสงโดยใช้สลิตคู่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย สลิตคู่ เลเซอร์ กระดาษสีขาว และไม้เมตร

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)

3.1 ครูให้นักเรียนรวมกันหาวิธีการหาความยาวคลื่นแสงจากอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ (นักเรียนอธิบายวิธีการหาความยาวคลื่นแสงตามความเข้าใจของตนเอง)

3.2 ครูและนักเรียนรวมกันสรุปวิธีการหาความยาวคลื่นแสง เพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ในเวลาที่กำหนด

3.3 ครูอธิบายพร้อมวาดรูปประกอบบนกระดานและสาธิตวิธีการทดลองเพื่อหาความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ ดังนี้

3.3.1 วางกระดาษสีขาวไว้บนพื้นห้อง เพื่อให้กระดาษทำหน้าที่เป็นฉาก

3.3.2 วัดความสูงจากพื้นห้องถึงขอบโต๊ะเรียน และบันทึกเป็นค่าระยะห่างระหว่างฉากกับสลิต (L)

3.3.3 นำแผ่นสลิตคู่วางที่ขอบโต๊ะเรียนพร้อมกับฉายเลเซอร์ลงบนช่องเปิดของแผ่นสลิตคู่ โดยริ้วแนวการแทรกสอดของแสงจะตกลงบนฉากที่อยู่บนพื้นพอดี

3.3.4 วัดระยะจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางถึงจุดกึ่งกลางของแถบสว่างที่ 1 ทั้งสองด้านบนฉาก เพื่อนำค่าที่วัดได้มาเฉลี่ยแล้วบันทึกผลเป็นค่า x

3.3.5 ปฏิบัติตามข้อ 3.3.4 โดยเปลี่ยนจากแถบสว่างที่ 1 เป็นแถบสว่างที่ 2 และแถบสว่างที่ 3 ตามลำดับ

3.3.6 คำนวณหาความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ จากสมการ $\lambda = \frac{dx}{nL}$ ซึ่งหาความยาวคลื่นทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำมาเฉลี่ยจึงจะได้ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์จากการทดลอง

3.4 นักปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน โดยครูสังเกตพฤติกรรมและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)

4.1 หลังจากนักเรียนทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง ดังนี้

- ลักษณะของภาพที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่เป็นอย่างไร (เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ ทำให้เกิดแถบมือสลับกับแถบสว่าง)

- ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่ได้จากการทดลองการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่เป็นอย่างไร ใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด (ตอบตามผลการทดลองที่นักเรียนได้)

4.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง การแทรกสอดของแสง ตามใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง

4.3 ครูและนักเรียนร่วมกันฝึกทำแบบฝึกหัดโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ดังนี้

ตัวอย่าง ในการเกิดการแทรกสอดของแสงที่มีความยาวคลื่น 7.5×10^{-7} เมตร โดยใช้ช่องขนาดเล็ก 2 ช่อง ให้เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าต้องให้แถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันอยู่ห่าง 1 มิลลิเมตร ช่องทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าไร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ความยาวคลื่น (λ) 7.5×10^{-7} เมตร
2. ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิต (L) 1 เมตร
3. ระยะจากแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างที่ 1 บนฉาก (x) 1 มิลลิเมตร
4. ลำดับการแทรกสอดของแสง (n) คือ 1

- สิ่งที่ต้องการทราบ

ระยะห่างระหว่างช่องสลิตมีค่าเท่าใด (d)

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

จากสมการ $\frac{dx}{L} = n\lambda$

จะได้ $d = \frac{n\lambda L}{dx}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

จาก $d = \frac{n\lambda L}{x}$

แทนค่า $d = \frac{(1)(7.5\times10^{-7})(1)}{(1\times10^{-3})}$

$d = 7.5 \times 10^{-4}$ m

ดังนั้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิตเท่ากับ 7.5×10^{-4} เมตร

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ลงในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาตามใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

ครูให้นักเรียนส่งรายงานการทดลองและใบงานที่ 1 เป็นรายบุคคล เพื่อตรวจและประเมินความรู้ความเข้าใจด้านต่าง ๆ ของนักเรียนตามผลการเรียนรู้

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Extension Phase)

ครูให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายเกี่ยวกับการแทรกสอดของแสงที่เห็นได้ในชีวิตประจำวัน (สีผิวของฟองสบู่, สีของคราบน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เป็นต้น)

สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. อุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การแทรกสอดของแสง ประกอบด้วย
   1.1 สลิตคู่
   1.2 เลเซอร์
   1.3 กระดาษสีขาว
   1.4 ไม้เมตร
2. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง
3. ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง
4. แบบสังเกตพฤติกรรม

การวัดและประเมินผล (ด้านความรู้, ด้านทักษะกระบวนการ, ด้านคุณลักษณะ)

รายการการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. นักเรียนสามารถอธิบายการแทรกสอดของแสง เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้ 3. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ ตำแหน่งของแถบสว่างใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ และตำแหน่งของแถบ	- การตอบคำถาม - ตรวจจากรายงานการทดลอง เรื่อง การแทรกสอดของแสง - ตรวจจากใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอด	- คำถามในจัดกิจกรรมการเรียนรู้	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 - นักเรียนเขียนรายงานการทดลองได้ถูกต้องร้อยละ 70 - นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง

รายการการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
มืดใด ๆ เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ 4. นักเรียนสามารถบอกวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสงได้ 5. นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่น	ของแสง		การแทรกสอดของแสงถูกต้องร้อยละ 70
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. นักเรียนสามารถทดลองการแทรกสอดของแสง เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสง	- การสังเกตพฤติกรรม - ตรวจจากรายงานการทดลอง เรื่อง การแทรกสอดของแสง - ตรวจจากใบงานที่ 1 เรื่อง การแทรกสอดของแสง	- รายงานผลการทดลอง เรื่อง การแทรกสอดของแสง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีถึงดีมาก
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. นักเรียนมีความตรงต่อเวลา 2. นักเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียนและงานที่ได้รับมอบหมาย	- การสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนร้อยละ 80 มีพฤติกรรมสอดคล้องกับลักษณะที่กำหนด

บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ผลการจัดการเรียนรู้, ปัญหา/อุปสรรค, แนวทางแก้ไข)

ลงชื่อ.....ผู้สอน

...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล

เลขที่	ความมีวินัยตรงต่อเวลา				ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย				ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				มีน้ำใจ				ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม				คะแนนรวม (20)
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 4 คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 2 คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

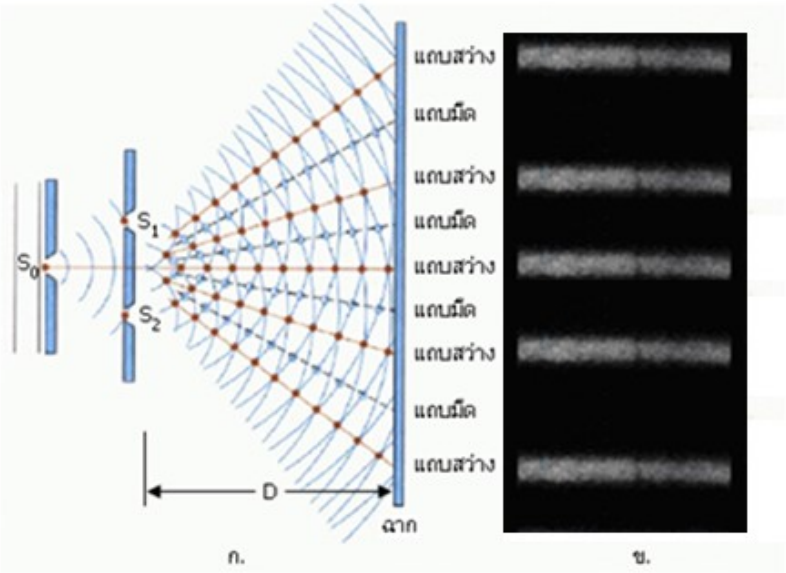
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
18-20	ดีมาก
14-17	ดี
10-13	พอใช้
ต่ำกว่า 10	ปรับปรุง

ใบความรู้ที่ 1
เรื่อง การแทรกสอดของแสง

จากที่ทราบว่า เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นได้ เมื่อมีการแทรกสอดกันจะทำให้เกิดตำแหน่งที่มีแสงดังและเสียงค่อย ดังนั้นแสงจะมีการแทรกสอดกันได้หรือไม่

ในระหว่างปี ค.ศ.1803 โทมัส ยัง (Thomas Young ค.ศ.1773-1829) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้ทดลองพบว่า แสงเป็นคลื่นเพราะมีสมบัติในการแทรกสอดได้ เช่นเดียวกับ คลื่นน้ำ คลื่นเสียง และคลื่นชนิดอื่น โดยทำให้เกิดแถบสว่าง (แบบเสริมกัน) และแถบมืด (แบบหักล้าง)

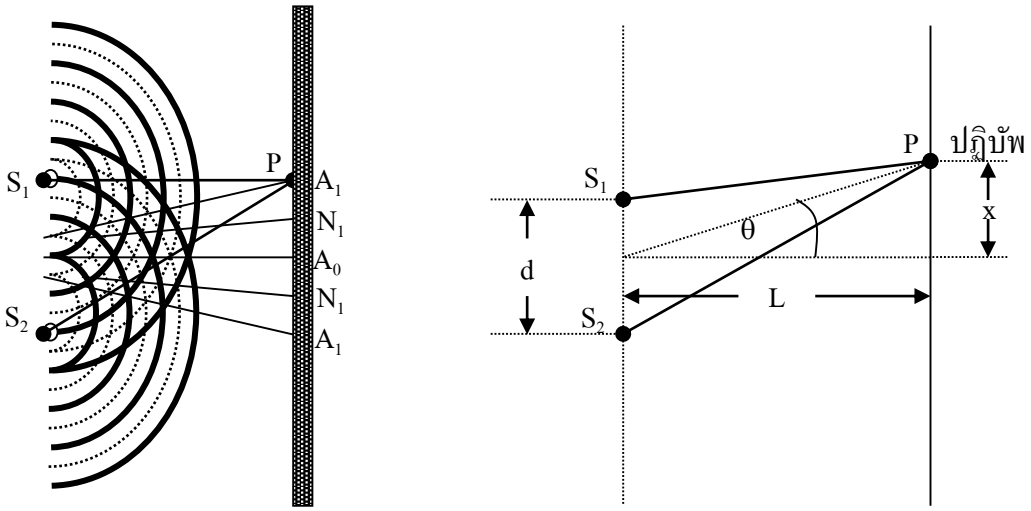
โทมัส ยัง ทดลองการแทรกสอดของแสง โดยให้แสงสีเดียวผ่านช่องแคบ 1 ช่องแล้วไปผ่านช่องแคบอีก 2 ช่อง คือ s_1 และ s_2 ซึ่งทำให้เกิดแถบมืด แถบสว่าง รากฏบนฉาก ดังรูป



รูป ก. แสงผ่านสลิต s_1 และ s_2 **รูป ข.** แถบมืด แถบสว่าง บนฉาก
ที่มา: http://physic512.blogspot.com/2014/10/interference.html

เมื่อแสงผ่านช่องแคบ s_1 และ s_2 จะมีการแทรกสอดของแสงบนฉากทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่าง การหาตำแหน่งแถบมืดและแถบสว่างเหล่านี้ อาจทำได้โดยพิจารณาว่าช่องแคบทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ 2 แหล่ง และใช้หลักการแทรกสอดของคลื่นน้ำมาอธิบายการแทรกสอดของคลื่นแสง ดังนี้

ในกรณีที่ s_1 และ s_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ทุกจุดบนเส้นปฏิบัพ แสงจะแทรกสอดแบบเสริมบนฉากเกิดแถบสว่าง ณ ตำแหน่ง P ใดๆ แล้วผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ (P) บนเส้นปฏิบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป



ที่มา: https://sites.google.com/a/phatthara.ac.th/physics-kruthu/hnwy-kar-reiyn-ru3

จะได้ $S_1P - S_2P = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

หรือ $dsin\theta = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

ถ้า ระยะ $x \ll L$ หรือ θ เป็นมุมเล็กมากๆ แล้ว $sin\theta \approx tan\theta \approx \frac{x}{L}$

จาก $dsin\theta = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

ดังนั้นสำหรับแนวปฏิบัพ (A) $\boxed{d\frac{x}{L} = n\lambda}$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

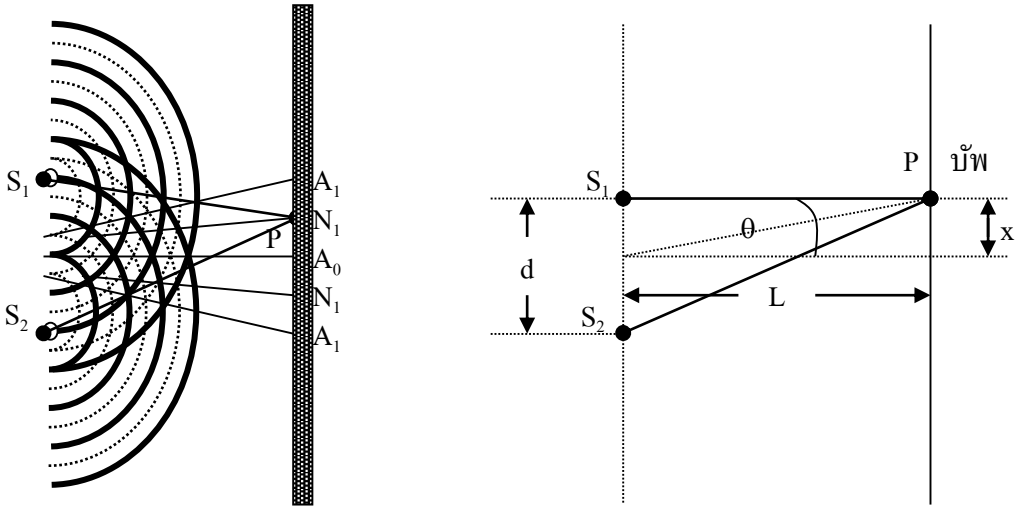
เมื่อ n คือ ตำแหน่งปฏิบัพที่ n (แถบสว่าง) 0 คือ แถบสว่างกลาง

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องสลิต s_1 และ s_2

L คือ ระยะห่างจากสลิตถึงฉาก

x คือ ระยะห่างจากตำแหน่งที่สังเกตกับตำแหน่งแนวกลาง

ในกรณีที่ s_1 และ s_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นแนวบัพ แสงจะแทรกสอดแบบหักล้างบนฉากเกิดแถบมืด ณ ตำแหน่ง P ใดๆ แล้วผลต่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองยังจุดใดๆ(P) บนเส้นบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มคลื่นลบครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป



ที่มา: https://sites.google.com/a/phatthara.ac.th/physics-kruthu/hnwy-kar-reiyn-ru3

จะได้ $S_1P - S_2P = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

หรือ $dsin\theta = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

ถ้า ระยะ $x \ll L$ หรือ θ เป็นมุมเล็กมากๆ แล้ว $sin\theta \approx tan\theta \approx \frac{x}{L}$

จาก $dsin\theta = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

ดังนั้นสำหรับแนวบัพ (N) $\boxed{d\frac{x}{L} = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda}$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

เมื่อ *n* คือ ตำแหน่งปฏิบัพที่ *n* (แถบมืด)

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องสลิต s_1 และ s_2

L คือ ระยะห่างจากสลิตถึงฉาก

x คือ ระยะห่างจากตำแหน่งที่สังเกตกับตำแหน่งแนวกลาง

ใบงานที่ 1

เรื่อง การแทรกสอดของแสง

ชื่อ-สกุล ..... **ชั้น** ..... **เลขที่** .....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. การแทรกสอดของแสงคืออะไร และเกิดขึ้นเมื่อใด

.....

.....

.....

.....

2. แถบมืดคืออะไร และเกิดขึ้นเมื่อใด

.....

.....

.....

3. แถบสว่างคืออะไร และเกิดเมื่อใด

.....

.....

.....

4. เพราะเหตุใด เราจึงไม่เห็นการแทรกสอดของแสงจากเทียนไข 2 แท่ง ที่วางใกล้กัน

.....

.....

.....

.....

5. เพราะเหตุใด เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านสบู่แล้วทำให้เรามองเห็นรุ้งเจ็ดสี

.....

.....

.....

.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาดังต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

6. ช่องแคบคู่ซึ่งมีระยะห่างกัน 0.5 มิลลิเมตร เมื่อให้แสงสีแดงที่มีความคลื่น 600 นาโนเมตรผ่าน ทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 2 เมตร จงหาว่าริ้วแถบมืดลำดับที่ 4 จะอยู่ห่างจากริ้วสว่างกลางเป็นระยะเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

7. ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดลวดลายการแทรกสอดที่อยู่ห่างจากสลิต 1.5 เมตร วัดระยะระหว่างกึ่งกลางของแถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันได้ 2 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

8. เมื่อฉายแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างสลิต 10 ไมโครเมตร จงหาว่าแถบสว่างลำดับที่ 10 จะเอียงทำมุมกับแถบสว่างกลางกี่องศา

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา
- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

9. วางสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างสลิต 0.5 มิลลิเมตร ไว้ห่างจากฉากรับริ้วการแทรกสอดเป็นระยะ 150 เซนติเมตรเมื่อแสงผ่านสลิตคู่พบว่าเกิดแถบสว่าง – มืดบนฉากหลายแถบ ถ้าวัดจากแถบสว่างกลางไปยังแถบสว่างที่ 3 พบว่ามีระยะห่าง 6 เซนติเมตร ความยาวคลื่นของแสงเป็นกี่นาโนเมตร

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา
- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

10. เมื่อฉายแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างสลิต 10 ไมโครเมตร จงหาว่าแถบสว่างลำดับที่ 10 จะเอียงทำมุมกับแถบสว่างกลางกี่องศา

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา - สิ่งที่โจทย์กำหนดให้	ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ-สกุล.....**ชั้น**.....**เลขที่**.....

<u>คำชี้แจง</u> 1. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลาในการทำ 60 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนกากบาท (✕) คำตอบที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่เลือกตอบข้อนั้นลงในกระดาษคำตอบ

1. เพราะเหตุใด ระยะห่างระหว่างสลิตควรจะมีค่าน้อย

ก. ทำให้สะดวกในการวัด เพราะแถบสว่างอยู่ห่างกัน

ข. ทำให้สะดวกในการวัด เพราะแถบสว่างอยู่ชิดกันมากกัน

ค. ทำให้แถบสว่างมีความสว่างมากขึ้น ทำให้สามารถวัดได้อย่างง่าย

ง. ทำให้แถบสว่างมีขนาดเล็กกว่าเดิม

เหตุผล.....

2. เมื่อให้ลำแสงขนานของแสงสีเดียวที่มีความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ที่มี ระยะห่างระหว่างช่องสลิดเป็น d จะเกิดภาพการแทรกสอดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต เป็นระยะ L จงหาระยะระหว่างแถบสว่างแถบแรกกับแถบมืดที่ห้า

ก. $\frac{3\lambda L}{2d}$

ข. $\frac{5\lambda L}{2d}$

ค. $\frac{7\lambda L}{2d}$

ง. $\frac{9\lambda L}{2d}$

เหตุผล.....

3. ถ้าให้ลำแสงขนานผ่านสลิตคู่ แล้วแสงสีใดจะให้จำนวน แถบสว่างน้อยที่สุด

ก.แสงสีเขียว

ข.แสงสีเหลือง

ค.แสงสีแสด

ง. แสงสีแดง

เหตุผล.....

4. ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างช่องสลิต 0.1 มิลลิเมตร พบว่าเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร แล้วพิจารณาข้อความต่อไปนี้

A. แถบสว่างจะอยู่ห่างกัน 6 มิลลิเมตร

B. แถบสว่างกลางจะกว้างกว่าแถบสว่างอื่นๆ

ก.A และ B ถูกต้อง

ข.A ถูกต้อง

ค.B ถูกต้อง

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เหตุผล.....

5. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ลงบนสลิตคู่ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเป็น 1 มิลลิเมตร อยากทราบว่าจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันจุดที่ 2 จะเบนไปจากแนวที่ฉายแสงเป็นมุมเท่าใด

ก. $sin^{-1}(7 \times 10^{-2})$

ข. $sin^{-1}(7 \times 10^{-3})$

ค. $sin^{-1}(7 \times 10^{-4})$

ง. $sin^{-1}(7 \times 10^{-5})$

เหตุผล.....

6. เมื่อให้แสงความยาวคลื่น λ_1 และความยาวคลื่น λ_2 ผ่านสลิตคู่ห่างกัน d พบว่าแถบมืด แถบที่ 3 ของความยาวคลื่น λ_1 นับจากศูนย์กลางเกิดขึ้นที่เดียวกับแถบมืดแถบที่ 4 ของแสงความยาวคลื่น λ_2 จงหาอัตราส่วนของ λ_1 ต่อ λ_2 มีค่าเท่าไร

ก. $\frac{3}{5}$

ข. $\frac{5}{3}$

ค. $\frac{7}{5}$

ง. $\frac{5}{7}$

เหตุผล.....

7. การทดลองการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวใต้ผิวน้ำเปรียบเทียบกับการทดลองการเลี้ยวเบนของแสงในอากาศ ข้อความใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ห่างกันมากกว่า ในอากาศ

ข. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ห่างเท่ากับในอากาศ

ค. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ชิดกันมากกว่าในอากาศ

ง. ไม่เกิดริ้วการเลี้ยวบนในน้ำ

เหตุผล.....

8. แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 50 ไมโครเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 3 เมตร จงหาความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้

ก. 0.030 เมตร

ข. 0.027 เมตร

ค. 0.024 เมตร

ง. 0.021 เมตร

เหตุผล.....

9. แสงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว ในแนวตั้งฉากไปปรากฏเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าแถบมืดสองข้างของแถบสว่างกลางห่าง 4 มิลลิเมตร จงหาความกว้างของช่องสลิต

ก. 50 ไมโครเมตร

ข. 100 ไมโครเมตร

ค. 150 ไมโครเมตร

ง. 200 ไมโครเมตร

เหตุผล.....

10. ถ้าต้องการให้ตำแหน่งมืดตำแหน่งแรก ของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวเกิดตรงกับตำแหน่งมืดที่ 7 ของริ้วลวดลายจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ จงหาระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว

ก. $\frac{15}{2}$

ข. $\frac{2}{15}$

ค. $\frac{13}{2}$

ง. $\frac{2}{13}$

เหตุผล.....

11. แสงความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 0.40 มิลลิเมตร ไปปรากฏเป็นลวดลายการเลี้ยวเบนบนฉาก อยากทราบว่าจะต้องวางฉากห่างจากสลิตกี่เซนติเมตร จึงจะทำให้เกิดแถบมืด แถบแรกบนฉากห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางเป็นระ 1.8 มิลลิเมตร

ก. 90 ข. 0.9

ค. 0.09 ง. 0.009

เหตุผล.....

12. ใช้แสงเลเซอร์สีเขียวความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ฉายผ่านรอยแตกของแผ่นฟิล์มจากนั้นนำฉากไปรับแสงที่ระยะห่างจากแผ่นฟิล์ม 2 เมตร วัดความกว้างของแถบสว่างกลางบนฉากได้ 0.5 เซนติเมตร รอยแตกดังกล่าวมีความกว้างกี่มิลลิเมตร

ก. 448

ข. 44.8

ค. 4.48

ง. 0.448

เหตุผล.....

13. ถ้าแสงขาวพุ่งผ่านเกรตติง พบว่าแสงที่เลี้ยวเบนไปตกกระทบฉากนั้นให้แถบสเปกตรัมถึง 5 ชุด นักเรียนคิดว่าแถบสว่างตรงกลางจะเป็นสีอะไร

ก. เขียว

ข. ขาว

ค. เหลือง

ง. ม่วง

เหตุผล.....

14. ในการทดลองเพื่อหาความคลื่นแสงโดยใช้เกรตติง นักเรียนจะสังเกตเห็นแถบแสงสีเป็นแถบแรกนับจากกึ่งกลาง (หลอดไฟ) และถ้าหากเราถือเกรตติงถอยห่างจากหลอกไฟ ระยะ x จะมีค่าเพิ่มขึ้น หรือลดลง

ก. สีแดง, เพิ่มขึ้น

ข. สีแดง, ลดลง

ค. สีม่วง, เพิ่มขึ้น

ง. สีม่วง, ลดลง

เหตุผล.....

15. ให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร จงหาจำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในกรณีนี้

ก. 4

ข. 9

ค. 14

ง. 19

เหตุผล.....

16. ฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ลงบนเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 5,000 เส้นต่อเซนติเมตร ระหว่างมุม $\theta = 0°$ ถึง $\theta = 90°$ จะมีตำแหน่งแถบสว่างทั้งหมดกี่แถบ

ก. 9

ข. 7

ค. 5

ง. 3

เหตุผล.....

17. แสงขาวตกตั้งฉากกับเกรตติง สเปกตรัมลำดับที่ 3 ของแสงสีม่วงตรงกับสเปกตรัมลำดับที่ 2 ของแสงสีแดง ถ้าความยาวคลื่นของแสงสีม่วงเป็น 440 นาโนเมตร ความคลื่นของแสงสีแดงเป็นกี่เมตร

ก. 500×10^{-9}

ข. 560×10^{-9}

ค. 660×10^{-9}

ง. 700×10^{-9}

เหตุผล.....

18. คุณสมบัติของใดของแสงเลเซอร์ ที่ทำให้ผลของการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง ปรากฏภาพการเลี้ยวเบนได้ชัดที่สุด

ก. มีความเข้มสูงมาก

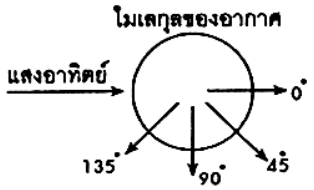
ข. มีความถี่ใกล้เคียงความถี่เดียว

ค. มีลำแสงที่แคบ

ง. เกิดการเลี้ยวเบนได้ดีกว่าแสงชนิดอื่น

เหตุผล.....

19. แสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงไม่โพลาไรซ์ เมื่อเดินทางกระทบโมเลกุลของอากาศในท้องฟ้า จะเกิดการกระเจิงออกรอบทิศทาง ดังรูป แสงกระเจิงทิศใดเป็นแสงที่โพลาไรซ์มากที่สุด



ก. 0°

ข. 45°

ค. 90°

ง. 135°

เหตุผล.....

20. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

A. สีที่เห็นบนท้องฟ้าเกิดจากการกระเจิงของแสง

B. รุ้งกินน้ำเกิดจากการสะท้อนและการเลี้ยวเบนของแสง

ข้อความใดบ้างที่ถูกต้อง

ก. A เท่านั้น

ข. B เท่านั้น

ค. A และ B

ง. คำตอบเป็นอย่างอื่น

เหตุผล.....

เฉลยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
1. เพราะเหตุใด ระยะห่างระหว่างสลิตควรจะมีค่าน้อย ก. ทำให้สะดวกในการวัด เพราะแถบสว่างอยู่ห่างกัน ข. ทำให้สะดวกในการวัด เพราะแถบสว่างอยู่ชิดกันมากกัน ค. ทำให้แถบสว่างมีความสว่างมากขึ้น ทำให้สามารถวัดได้อย่างง่าย ง. ทำให้แถบสว่างมีขนาดเล็กกว่าเดิม เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ก.
		0	**ตอบ** ข. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** เมื่อให้ d มีค่าน้อย λ, L คงตัว ต้องการหา x จาก $d\frac{x}{L} = n\lambda$ $x = \frac{n\lambda L}{d}$ เมื่อ d มีค่าน้อย จะได้ x มีค่ามาก ดังนั้น เมื่อแถบสว่างอยู่ห่างกัน จึงทำให้สะดวกในการวัด
	PU	2	**เหตุผล** จาก $x = \frac{n\lambda L}{d}$ เมื่อ d มีค่าน้อย จะได้ x มีค่ามาก ดังนั้น เมื่อแถบสว่างอยู่ห่างกัน จึงทำให้สะดวกในการวัด
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
2. เมื่อให้ลำแสงขนานของแสงสีเดียวที่มีความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิดเป็น d จะเกิดภาพการแทรกสอดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต เป็นระยะ L จงหาระยะระหว่างแถบสว่างแถบแรกกับแถบมืดที่ห้า ก. $\frac{3\lambda L}{2d}$ ข. $\frac{5\lambda L}{2d}$ ค. $\frac{7\lambda L}{2d}$ ง. $\frac{9\lambda L}{2d}$ เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ค.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** หาระยะห่างของแถบสว่างแรกจากแนวกลาง จาก $(n = 1)$ จะได้ $x_1 = \frac{\lambda L}{d}$ ...(1) หาระยะห่างของแถบมืดที่ห้าจากแนวกลาง จาก $\frac{dx_2}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ $x_2 = \left(5 - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda L}{d}$ จะได้ $x_2 = \frac{9\lambda L}{2d}$ ...(2) แถบมืดที่ห้าห่างจากแถบสว่างแรก $x_2 - x_1 = \frac{9\lambda L}{2d} - \frac{\lambda L}{d}$ $x_2 - x_1 = \frac{7\lambda L}{2d}$
	PU	2	**เหตุผล** หาระยะห่างของแถบสว่างแรกจากแนวกลาง จะได้ $x_1 = \frac{\lambda L}{d}$ ...(1) หาระยะห่างของแถบมืดที่ห้าจากแนวกลาง จะได้ $x_2 = \frac{9\lambda L}{2d}$ ...(2) แถบมืดที่ห้าห่างจากแถบสว่างแรก $x_2 - x_1 = \frac{9\lambda L}{2d} - \frac{\lambda L}{d}$ $x_2 - x_1 = \frac{7\lambda L}{2d}$

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
3. ถ้าให้ลำแสงขนานผ่านสลิตคู่ แล้วแสงสีใดจะให้จำนวนแถบสว่างน้อยที่สุด ก.แสงสีเขียว ข.แสงสีเหลือง ค.แสงสีแสด ง. แสงสีแดง เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ง.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ค.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** เมื่อรู้ d คงตัว, $\theta = 90°$ จาก $dsin\theta = n\lambda$ $n = \frac{d}{\lambda}$ จะได้ว่า เมื่อ $\lambda_{มากสุด} \rightarrow n_{น้อยสุด}$ จากแสงสีที่กำหนดให้แสงสีแดงมี $\lambda_{มากสุด}$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $n = \frac{d}{\lambda}$ จะได้ว่า เมื่อ $\lambda_{มากสุด} \rightarrow n_{น้อยสุด}$ จากแสงสีที่กำหนดให้แสงสีแดงมี $\lambda_{มากสุด}$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
4. ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างช่องสลิต 0.1 มิลลิเมตร พบว่าเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร แล้วพิจารณาข้อความต่อไปนี้ A. แถบสว่างจะอยู่ห่างกัน 6 มิลลิเมตร B. แถบสว่างกลางจะกว้างกว่าแถบสว่างอื่นๆ ก.A และ B ถูกต้อง ข.A ถูกต้อง ค.B ถูกต้อง ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ข.
		0	**ตอบ** ก. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** พิจารณา A. จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $x = \frac{n\lambda L}{d}$ $x = \frac{1\times(600\times10^{-9})(1)}{(0.1\times10^{-3})}$ $x = 6\times10^{-3}$ $x = 6\,mm$ **ดังนั้น** ข้อ A จึงถูกต้อง B. เนื่องจากเป็นการแทรกสอดผ่านสลิตคู่ แถบสว่างจึงมีขนาดเท่ากันๆ แต่ความเข้มต่างกัน **ดังนั้น** ข้อ C จึงผิด
	PU	2	**เหตุผล** พิจารณา A. จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $x = \frac{n\lambda L}{d}$ $x = \frac{1\times(600\times10^{-9})(1)}{(0.1\times10^{-3})}$ $x = 6\times10^{-3}$ $x = 6\,mm$ ดังนั้น ข้อ A จึงถูกต้อง
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วนแต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
5. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ลงบนสลิตคู่ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเป็น 1 มิลลิเมตร อยากทราบว่าจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันจุดที่ 2 จะเบนไปจากแนวที่ฉายแสงเป็นมุมเท่าใด ก. $sin^{-1}(7\times10^{-2})$ ข. $sin^{-1}(7\times10^{-3})$ ค. $sin^{-1}(7\times10^{-4})$ ง. $sin^{-1}(7\times10^{-5})$ เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ค.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 350\times10^{-9}m$ $d = 1\times10^{-3}m$ $n = 2$ จาก $dsin\theta = n\lambda$ $sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$ $sin\theta = \frac{(2)(350\times10^{-9})}{(1\times10^{-3})}$ $sin\theta = 7\times10^{-4}$ $\theta = sin^{-1}(7\times10^{-4})$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $dsin\theta = n\lambda$ $sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$ $sin\theta = \frac{(2)(350\times10^{-9})}{(1\times10^{-3})}$ $sin\theta = 7\times10^{-4}$ $\theta = sin^{-1}(7\times10^{-4})$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
6. เมื่อให้แสงความยาวคลื่น λ_1 และความยาวคลื่น λ_2 ผ่านสลิตคู่ห่างกัน d พบว่าแถบมืด แถบที่ 3 ของความยาวคลื่น λ_1 นับจากศูนย์กลางเกิดขึ้นที่เดียวกับแถบมืดแถบที่ 4 ของแสงความยาวคลื่น λ_2 จงหาอัตราส่วนของ λ_1 ต่อ λ_2 มีค่าเท่าไร ก. $\frac{3}{5}$ ข. $\frac{5}{3}$ ค. $\frac{7}{5}$ ง. $\frac{5}{7}$ เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ค.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** จาก $dsin\theta = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda$ ดังนั้น $d_1 sin\theta_1 = \left(n_1-\frac{1}{2}\right)\lambda_1$–(1) และ $d_2 sin\theta_2 = \left(n_2-\frac{1}{2}\right)\lambda_2$–(2) จากโจทย์ สลิตอันเดียวกัน แล้วแถบมือทั้งสองทับกัน แสดงว่า $d_1 = d_2$ และ $\theta_1 = \theta_2$ (1) = (2) $\left(n_1-\frac{1}{2}\right)\lambda_1 = \left(n_2-\frac{1}{2}\right)\lambda_2$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\left(n_2-\frac{1}{2}\right)}{\left(n_1-\frac{1}{2}\right)}$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\left(4-\frac{1}{2}\right)}{\left(3-\frac{1}{2}\right)}$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{7/2}{5/2}$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{7}{5}$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $dsin\theta = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda$ ดังนั้น $d_1 sin\theta_1 = \left(n_1-\frac{1}{2}\right)\lambda_1$ (1) และ $d_2 sin\theta_2 = \left(n_2-\frac{1}{2}\right)\lambda_2$–(2) (1) = (2) $\left(n_1-\frac{1}{2}\right)\lambda_1 = \left(n_2-\frac{1}{2}\right)\lambda_2$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\left(4-\frac{1}{2}\right)}{\left(3-\frac{1}{2}\right)}$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{7}{5}$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
			ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
7. การทดลองการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวใต้ผิวน้ำเปรียบเทียบกับการทดลองการเลี้ยวเบนของแสงในอากาศ ข้อความใดกล่าวถูกต้องที่สุด ก. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ห่างกันมากกว่าในอากาศ ข. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ห่างเท่ากับในอากาศ ค. ริ้วการเลี้ยวเบนในน้ำอยู่ชิดกัน มากกว่าในอากาศ ง. ไม่เกิดริ้วการเลี้ยวบนในน้ำ เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ก.
		0	**<u>ตอบ</u>** ข. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** เพราะ เนื่องจากน้ำกับอากาศ มีความเร็วต่างกัน คือ $v_{น้ำ} > v_{อากาศ}$ แต่ความถี่เท่ากัน จาก $v = f\lambda \rightarrow v\ \alpha\ \lambda \rightarrow \lambda_{น้ำ} > \lambda_{อากาศ}$ และ จากสูตร $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $\therefore x\ \alpha\ \lambda \rightarrow x_{น้ำ} > x_{อากาศ}$
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** จาก $v = f\lambda \rightarrow v\ \alpha\ \lambda \rightarrow \lambda_{น้ำ} > \lambda_{อากาศ}$ และ จากสูตร $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $\therefore x\ \alpha\ \lambda \rightarrow x_{น้ำ} > x_{อากาศ}$
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
8. แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 50 ไมโครเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 3 เมตร จงหาความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้ ก.0.030 เมตร ข. 0.027 เมตร ค. 0.024 เมตร ง. 0.021 เมตร เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ข.
		0	**ตอบ** ก. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 450 \times 10^{-9} m$ $d = 50 \times 10^{-6} m$ $n = 1$ $L = 3\ m$ โจทย์ถามหา $x =?$ จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $x = \frac{n\lambda L}{d}$ $x = \frac{(1)(450\times10^{-9})(3)}{(50\times10^{-6})}$ $x = 0.027\ m$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $x = \frac{n\lambda L}{d}$ $x = \frac{(1)(450\times10^{-9})(3)}{(50\times10^{-6})}$ $x = 0.027\ m$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
9. แสงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉากไปปรากฏเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าแถบมืดสองข้างของแถบสว่างกลางห่าง 4 มิลลิเมตร จงหาความกว้างของช่องสลิต ก. 50 ไมโครเมตร ข. 100 ไมโครเมตร ค. 150 ไมโครเมตร ง. 200 ไมโครเมตร เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ง.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ค.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 400 \times 10^{-9} m$ $n = 1$ $x = 2 \times 10^{-3} m$ $L = 1\ m$ โจทย์ถามหา $d =?$ จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $d = \frac{n\lambda \mathrm{L}}{x}$ $d = \frac{(1)(400\times10^{-9})(1)}{2\times10^{-3}}$ $d = 200 \times 10^{-6}\, m$ $d = 200\ \mu m$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $d = \frac{n\lambda \mathrm{L}}{x}$ $d = \frac{(1)(400\times10^{-9})(1)}{2\times10^{-3}}$ $d = 200 \times 10^{-6}\, m$ $d = 200\ \mu m$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
10. ถ้าต้องการให้ตำแหน่งมืดตำแหน่งแรกของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวเกิดตรงกับตำแหน่งมืดที่ 7 ของริ้วลวดลายจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ จงหาระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว ก. $\frac{15}{2}$ ข. $\frac{2}{15}$ ค. $\frac{13}{2}$ ง. $\frac{2}{13}$ เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ค.
		0	**<u>ตอบ</u>** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** พิจารณาโจทย์ ต้องการให้แถบมืดแถบแรกจากสลิตเดี่ยวซ้อนกับแถบมืดที่ 7 จากสลิตคู่ ดังนั้นมุม θ เท่ากัน ให้ d_1 = ความกว้างของสลิตเดี่ยว d_2 = ความกว้างของคู่ λ = ความยาวคลื่นแสง จากแถบมืดแรกจากสลิตเดี่ยว จะได้ $d_1 sin\theta = n_1\lambda$ ——(1) จากแถบมืดที่ 7 จากสลิตคู่ จะได้ $d_2 sin\theta = \left(n_7 - \frac{1}{2}\right)\lambda$ —(2) (2) / (1) $\frac{d_2 sin\theta}{d_1 sin\theta} = \frac{\left(n_7 - \frac{1}{2}\right)\lambda}{n_1\lambda}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{\left(n_7 - \frac{1}{2}\right)}{n_1}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{\left(7 - \frac{1}{2}\right)}{1}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{13}{2}$ $d_2 = \frac{13}{2} d_1$
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** จากแถบมืดแรกจากสลิตเดี่ยว จะได้ $d_1 sin\theta = n_1\lambda$ ——(1) จากแถบมืดที่ 7 จากสลิตคู่ จะได้ $d_2 sin\theta = \left(n_7 - \frac{1}{2}\right)\lambda$ —(2)

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
			(2) / (1) $\frac{d_2 sin\theta}{d_1 sin\theta} = \frac{\left(n_7 - \frac{1}{2}\right)\lambda}{n_1 \lambda}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{\left(n_7 - \frac{1}{2}\right)}{n_1}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{\left(7 - \frac{1}{2}\right)}{1}$ $\frac{d_2}{d_1} = \frac{13}{2}$ $d_2 = \frac{13}{2} d_1$
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
11. แสงความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 0.40 มิลลิเมตร ไปปรากฏเป็นลวดลายการเลี้ยวเบนบนฉาก อยากทราบว่าจะต้องวางฉากห่างจากสลิตกี่เซนติเมตร จึงจะทำให้เกิดแถบมืดแถบแรกบนฉากห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางเป็นระ 1.8 มิลลิเมตร ก. 90 ข. 0.9 ค. 0.09 ง. 0.009 เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ก.
		0	**<u>ตอบ</u>** ข. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 800 \times 10^{-9} m$ $n = 1$ $x = 1.8 \times 10^{-3} m$ $d = 0.4 \times 10^{-3}\ m$ โจทย์ถามหา $L =?$ จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $L = \frac{dx}{n\lambda}$ $L = \frac{(1.8\times10^{-3})(0.4\times10^{-3})}{(1)(800\times10^{-9})}$ $L = 0.9\ m$ $L = 90\ cm$
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $L = \frac{dx}{n\lambda}$ $L = \frac{(1.8\times10^{-3})(0.4\times10^{-3})}{(1)(800\times10^{-9})}$ $L = 0.9\ m$ $L = 90\ cm$
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
12. ใช้แสงเลเซอร์สีเขียวความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ฉายผ่านรอยแตกของแผ่นฟิล์ม จากนั้นนำฉากไปรับแสงที่ระยะห่างจากแผ่นฟิล์ม 2 เมตร วัดความกว้างของแถบสว่างกลางบนฉากได้ 0.5 เซนติเมตร รอยแตกดังกล่าวมีความกว้างกี่มิลลิเมตร ก. 448 ข. 44.8 ค. 4.48 ง. 0.448 เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ง.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ค.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 560 \times 10^{-9} m$ $n = 1$ $x = 0.25 \times 10^{-2} m$ $L = 2\ m$ โจทย์ถามหา $d =$? จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $d = \frac{n\lambda \mathrm{L}}{x}$ $d = \frac{(1)(560\times10^{-9})(2)}{0.25\times10^{-2}}$ $d = 0.448 \times 10^{-3}\ m$ $d = 0.448\ mm$
	PU	2	**เหตุผล** จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ $d = \frac{n\lambda \mathrm{L}}{x}$ $d = \frac{(1)(560\times10^{-9})(2)}{0.25\times10^{-2}}$ $d = 0.448 \times 10^{-3}\ m$ $d = 0.448\ mm$
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
13. ถ้าแสงขาวพุ่งผ่านเกรตติง พบว่าแสงที่เลี้ยวเบนไปตกกระทบฉากนั้นให้แถบสเปกตรัมถึง 5 ชุด นักเรียนคิดว่าแถบสว่างตรงกลางจะเป็นสีอะไร ก. เขียว ข. ขาว ค. เหลือง ง. ม่วง เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ข.
		0	**ตอบ** ก. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** เนื่องจากแถบสว่างกลางที่เกิดจากแสงขาวพุ่งผ่านเกรตติงเป็นการแทรกสอดแบบเสริมของแสงทุกสี ดังนั้นจึงเป็นสีขาว
	PU	2	**เหตุผล** เนื่องจากเป็นการร่วมของแสงทุกสี จึงออกมาเป็นสีขาว
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
14. ในการทดลองเพื่อหาความคลื่นแสง โดยใช้เกรตติง นักเรียนจะสังเกตเห็นแถบแสงสีเป็นแถบแรกนับจากกึ่งกลาง (หลอดไฟ) และถ้าหากเราถือเกรตติงถอยห่างจากหลอกไฟ ระยะ x จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก. สีแดง, เพิ่มขึ้น ข. สีแดง, ลดลง ค. สีม่วง, เพิ่มขึ้น ง. สีม่วง, ลดลง เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ค.
		0	**<u>ตอบ</u>** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** ต้องทราบ λ เมื่อ $x_{น้อยสุด}$ จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ เมื่อแถบแสงสีอยู่ใกล้แถบกลาง $x_{น้อยสุด}$ ทำให้ $\lambda_{น้อยสุด}$ ด้วย จึงได้ว่าเป็นแถบแสงสีม่วง เมื่อ L เพิ่มขึ้น ต้องการทราบ x จาก $\frac{dx}{L} = n\lambda$ ได้ว่า เมื่อ L เพื่อขึ้น ทำให้ x เพิ่มขึ้นด้วย
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** เมื่อแถบแสงสีอยู่ใกล้แถบกลาง $x_{น้อยสุด}$ ทำให้ $\lambda_{น้อยสุด}$ ด้วย จึงได้ว่าเป็นแถบแสงสีม่วง เมื่อ L เพื่อขึ้น ทำให้ x เพิ่มขึ้นด้วย
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

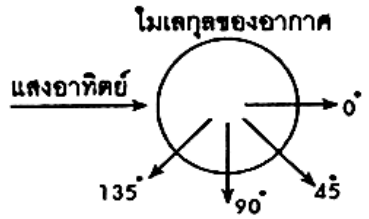
ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
15. ให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร จงหาจำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในกรณีนี้ ก. 4 ข. 9 ค. 14 ง. 19 เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ข.
		0	**ตอบ** ก. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 500 \times 10^{-9} m$ $d = \frac{1}{N} = \frac{10^{-2}}{5000} = 2 \times 10^{-6} m$ $\theta = 90°$ โจทย์ถามหา n =? จาก $dsin\theta = n\lambda$ $n = \frac{dsin\theta}{\lambda}$ $n = \frac{(2\times10^{-6})\sin90°}{500\times10^{-9}}$ $n = 4$ ดังนั้น จำนวนแถบสว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด 9 แถบ (ซ้าย 4, กลาง 1, ขวา 4)
	PU	2	**เหตุผล** จาก $dsin\theta = n\lambda$ $n = \frac{dsin\theta}{\lambda}$ $n = \frac{(2\times10^{-6})\sin90°}{500\times10^{-9}}$ $n = 4$ ดังนั้น จำนวนแถบสว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด 9 แถบ (ซ้าย 4, กลาง 1, ขวา 4)
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
16. ฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ลงบนเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 5,000 เส้นต่อเซนติเมตร ระหว่างมุม $\theta = 0°$ ถึง $\theta = 90°$ จะมีตำแหน่งแถบสว่างทั้งหมดกี่แถบ ก. 9 ข. 7 ค. 5 ง. 3 เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ง.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ค.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** โจทย์กำหนดให้ $\lambda = 600 \times 10^{-9} m$ $d = \frac{1}{N} = \frac{10^{-2}}{5000} = 2 \times 10^{-6} m$ $\theta = 90°$ โจทย์ถามหา n =? จาก $dsin\theta = n\lambda$ $n = \frac{dsin\theta}{\lambda}$ $n = \frac{(2\times10^{-6})\sin 90°}{600\times10^{-9}}$ $n = 3.3$ ดังนั้น จำนวนแถบสว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด 3 แถบ
	PU	2	**เหตุผล** จาก $dsin\theta = n\lambda$ $n = \frac{dsin\theta}{\lambda}$ $n = \frac{(2\times10^{-6})\sin 90°}{600\times10^{-9}}$ $n = 3.3$ ดังนั้น จำนวนแถบสว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด 3 แถบ
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
17. แสงขาวตกตั้งฉากกับเกรตติง สเปกตรัมลำดับที่ 3 ของแสงสีม่วงตรงกับสเปกตรัมลำดับที่ 2 ของแสงสีแดง ถ้าความยาวคลื่นของแสงสีม่วงเป็น 440 นาโนเมตร ความคลื่นของแสงสีแดงเป็นกี่เมตร ก. 500×10^{-9} ข. 560×10^{-9} ค. 660×10^{-9} ง. 700×10^{-9} เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ค.
		0	**<u>ตอบ</u>** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>ตอบ</u>** ค. พิจารณาโจทย์ สเปกตรัมลำดับที่ 3 ของแสงสีม่วงตรงกับสเปกตรัมลำดับที่ 2 ของแสงสีแดง ดังนั้นมุม θ, d เท่ากัน จากสเปกตรัมแสงสีม่วง จะได้ $dsin\theta = n_3\lambda_{ม่วง}$ ——(1) จากสเปกตรัมแสงสีแดง จะได้ $dsin\theta = n_2\lambda_{แดง}$ ——(2) (2) = (1) จะได้ $n_2\lambda_{แดง} = n_3\lambda_{ม่วง}$ $\lambda_{แดง} = \frac{n_3\lambda_{ม่วง}}{n_2}$ $\lambda_{แดง} = \frac{(3)(440\times10^{-9})}{2}$ $\lambda_{แดง} = 660 \times 10^{-9}\ m$
	PU	2	**<u>ตอบ</u>** ค. จากสเปกตรัมแสงสีม่วง จะได้ $dsin\theta = n_3\lambda_{ม่วง}$ ——(1) จากสเปกตรัมแสงสีแดง จะได้ $dsin\theta = n_2\lambda_{แดง}$ ——(2) (2) = (1) จะได้ $n_2\lambda_{แดง} = n_3\lambda_{ม่วง}$ $\lambda_{แดง} = \frac{n_3\lambda_{ม่วง}}{n_2}$ $\lambda_{แดง} = \frac{(3)(440\times10^{-9})}{2}$ $\lambda_{แดง} = 660 \times 10^{-9}\ m$
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
			ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
18. คุณสมบัติของใดของแสงเลเซอร์ ที่ทำให้ผลของการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงปรากฏภาพการเลี้ยวเบนได้ชัดที่สุด ก. มีความเข้มสูงมาก ข. มีความถี่ใกล้เคียงความถี่เดียว ค. มีลำแสงที่แคบ ง. เกิดการเลี้ยวเบนได้ดีกว่าแสงชนิดอื่น เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ข.
		0	**<u>ตอบ</u>** ก. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** เนื่องจากการเลี้ยวเบนของเกรตติง เป็นไปตามสมการ $dsin\theta = n\lambda$ ดังนั้น ถ้ามีแสงหลายความยาวคลื่น จะมีการรบกวนกันทำให้เกิดเป็นสเปกตรัม แต่แสงเลเซอร์มีความถี่เดียว จึงเห็นการเลี้ยวเบนเฉพาะความถี่นั้นได้อย่างชัดเจน
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** เมื่อแถบแสงสีอยู่ใกล้แถบกลาง $x_{น้อยสุด}$ ทำให้ $\lambda_{น้อยสุด}$ ด้วย จึงได้ว่าเป็นแถบแสงสีม่วง เมื่อ L เพื่อขึ้น ทำให้ x เพิ่มขึ้นด้วย
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
19. แสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงไม่โพลาไรซ์ เมื่อเดินทางกระทบโมเลกุลของอากาศในท้องฟ้า จะเกิดการกระเจิงออกรอบทิศทาง ดังรูป แสงกระเจิงทิศใดเป็นแสงที่โพลาไรซ์มากที่สุด  ก. 0° ข. 45° ค. 90° ง. 135° เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**ตอบ** ค.
		0	**ตอบ** ก. ข. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**เหตุผล** เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบโมเลกุลของอากาศที่มีประจุไฟฟ้าสนามไฟฟ้าของแสงที่มีอยู่ในทุกทิศทางจะกระตุ้นให้อนุภาคนั้นสั่นตามความถี่ของแสง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความถี่ธรรมชาติของอนุภาคนั้นด้วย แล้วเปล่งแสงที่ดูดกลืนออกมาทุกทิศซึ่งเป็นกระเจิงของแสง แสงที่กระเจิงในแนวตั้งฉากกับลำแสงตกกระทบ จะเป็นที่โพลาไรซ์มากที่สุด ดังนั้นคือมุม 90°
	PU	2	**เหตุผล** แสงที่กระเจิงในแนวตั้งฉากกับลำแสงตกกระทบ จะเป็นที่โพลาไรซ์มากที่สุด ดังนั้นคือมุม 90°
	PS	1	**เหตุผล** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วนแต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**เหตุผล** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**เหตุผล**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ระดับ	คะแนน	เกณฑ์
20. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ A. สีที่เห็นบนท้องฟ้าเกิดจากการกระเจิงของแสง B. รุ้งกินน้ำเกิดจากการสะท้อนและการเลี้ยวเบนของแสง ข้อความใดบ้างที่ถูกต้อง ก. A เท่านั้น ข. B เท่านั้น ค. A และ B ง. คำตอบเป็นอย่างอื่น เหตุผล.....			**ส่วนที่ 1 การเลือกคำตอบ**
		1	**<u>ตอบ</u>** ก.
		0	**<u>ตอบ</u>** ข. ค. หรือ ง.
			ส่วนที่ 2 การแสดงเหตุผล
	CU	3	**<u>เหตุผล</u>** พิจารณา ข้อ A. เมื่อแสงเดินทางมากระทบอนุภาคของอากาศ อนุภาคในอากาศจะดูดกลืนแสงแล้วปล่อยออกมาในทิศทางต่างๆ โดยความถี่ของแสงที่ปล่อยออกมาจะเท่ากับความถี่แสงที่ดูดกลืนเข้าไป ทำให้เราเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่างๆ ดังนั้น ข้อ A. จึงถูกต้อง ข้อ B. รุ้งกินน้ำเกิดจากการหักเหของแสงเข้าไปในหยดน้ำทำให้เกิดการกระจายแสง และเกิดการสะท้อนภายในหยดน้ำ ดังนั้น ข้อ B. จึงผิด
	PU	2	**<u>เหตุผล</u>** ข้อ B. รุ้งกินน้ำเกิดจากการหักเหของแสงเข้าไปในหยดน้ำทำให้เกิดการกระจายแสง และ สะท้อนภายในหยดน้ำ ดังนั้น ข้อ B. จึงผิด
	PS	1	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนให้เหตุผลถูกต้องบางส่วนแต่ยังแสดงเหตุผลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
	AC	0	**<u>เหตุผล</u>** ผู้เรียนแสดงเหตุผลไม่ถูกต้อง
	NU	0	**<u>เหตุผล</u>**-ผู้เรียนไม่แสดงเหตุผล

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ-สกุล.....**ชั้น**.....**เลขที่**.....

<u>คำชี้แจง</u> 1. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 5 ข้อ ให้เวลาในการทำ 30 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบประเภทเขียนตอบ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงพร้อมทั้งหาคำตอบลงในกระดาษคำตอบ

1. สลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิต 1 มิลลิเมตร เมื่อให้แสงสีแดงที่มีความคลื่น 700 นาโนเมตร ผ่าน ทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 2 เมตร จงหาว่าริ้วแถบมืดลำดับที่ 3 จะอยู่ห่างจากริ้วสว่างกลางเป็นระยะเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจปัญหา
- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

2. ให้แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดลวดลายการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต 3 เมตร วัดระยะระหว่างกึ่งกลางของแถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันได้ 1.5 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นกี่มิลลิเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจปัญหา - สิ่งที่โจทย์กำหนดให้	ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

3. ฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 1.3 ไมโครเมตร ทำให้เกิดแนวมืดแถบแรกเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 30° จงหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์นี้ในหน่วยนาโมเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจปัญหา	ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้	
- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	
	ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	

4. เมื่อฉายแสงเลเซอร์สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 0.5 มิลลิเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 80 เซนติเมตร จงหาความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้มีค่าเป็นเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจปัญหา - สิ่งที่โจทย์กำหนดให้	ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

5. เกรตติงชนิด 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโมเมตร ส่งผ่านเกรตติงจะเกิดแถบสว่างบนฉากทั้งหมดกี่แถบ

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. สลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิต 1 มิลลิเมตร เมื่อให้แสงสีแดงที่มีความคลื่น 700 นาโนเมตร ผ่าน ทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 2 เมตร จงหาว่าริ้วแถบมืดลำดับที่ 3 จะอยู่ห่างจากริ้วสว่างกลางเป็นระยะเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ระยะห่างระหว่างสลิต 1 มิลลิเมตร $(d = 1 \times 10^{-3}\ m)$
2. ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร $(\lambda = 700 \times 10^{-9}\ m)$
3. ระยะห่างระหว่างสลิตกับฉาก 2 เมตร $(L = 2\ m)$
4. ลำดับของแถบมืด คือ 3 $(n = 3)$

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ริ้วแถบมืดลำดับที่ 3 จะอยู่ห่างจากริ้วสว่างกลางเป็นระยะเท่าใด $(x = ?\ m)$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

$$\frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

จากสมการ

$$\frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

แทนค่า

$$\frac{(1\times10^{-3})x}{2} = \left(3 - \frac{1}{2}\right)(700 \times 10^{-9})$$

$$x = \frac{(1.75\times10^{-6})(2)}{(1\times10^{-3})}$$

$$x = 3.5 \times 10^{-3}\ m$$

ดังนั้น ริ้วแถบมืดลำดับที่ 3 จะอยู่ห่างจากริ้วสว่างกลางเป็นระยะเท่ากับ 3.5×10^{-3} เมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง เช่น แทนค่า x หาค่า d

จากสมการ

$$\frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

แทนค่า

$$\frac{d(3.5\times10^{-3})}{2} = \left(3 - \frac{1}{2}\right)(700 \times 10^{-9})$$

$$d = \frac{(1.75\times10^{-6})(2)}{(3.5\times10^{-3})}$$

$$d = 1 \times 10^{-3}\ m$$

ดังนั้น ระยะห่างระหว่างสลิต เท่ากับ 1 มิลลิเมตร เท่ากับที่โจทย์กำหนดให้

2. ให้แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดลวดลายการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต 3 เมตร วัดระยะระหว่างกึ่งกลางของแถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันได้ 1.5 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นกี่มิลลิเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร $(\lambda = 500 \times 10^{-9}\ m)$
2. ระยะห่างระหว่างสลิตกับฉาก 3 เมตร $(L = 3\ m)$
3. ระยะห่างระหว่างแถบสว่างกลาง 2 แถบที่ติดกัน 1.5 มิลลิเมตร $(\Delta x = 1.5 \times 10^{-3}\ m)$

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเป็นเท่าใด $(d = ?m)$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

จากสมาการ

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

แทนค่า

$$1.5 \times 10^{-3} = \frac{(500\times10^{-9})(3)}{d}$$

$$d = \frac{(500\times10^{-9})(3)}{(1.5\times10^{-3})}$$

$$d = 1 \times 10^{-3}\ m$$

$$d = 1\ mm$$

ดังนั้น สลิตคู่นี้มีระยะระหว่างสลิตเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง เช่น แทนค่า d หาค่า Δx

จากสมาการ

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

แทนค่า

$$\Delta x = \frac{(500\times10^{-9})(3)}{1\times10^{-3}}$$

$$\Delta x = 1.5 \times 10^{-3}\ m$$

$$\Delta x = 1.5\ mm$$

ดังนั้น ระยะห่างระหว่างแถบสว่างกลาง 2 แถบที่ติดกัน 1.5 มิลลิเมตร เท่ากับที่โจทย์กำหนดให้

3. ฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 1.3 ไมโครเมตร ทำให้เกิดแนวมืดแถบแรกเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 30° จงหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์นี้ในหน่วยนาโมเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ความกว้างของช่องสลิต 1.3 ไมโครเมตร $(d = 1.3 \times 10^{-6}\ m)$
2. มุมการเบนจากแนวกลางถึงแนวมืดแถบแรก $(\theta = 30°)$
3. ลำดับของแถบมืด คือ 1 $(\mathrm{n} = 1)$

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ความยาวคลื่นของแสงเป็นกี่นาโนเมตร $(\lambda = ?\, nm)$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

$$dsin\theta = n\lambda$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

จากสมการ

$$dsin\theta = n\lambda$$

แทนค่า

$$(1.3 \times 10^{-6})sin30° = (1)(\lambda)$$
$$\lambda = (1.3 \times 10^{-6})\tfrac{1}{2}$$
$$\lambda = 0.65 \times 10^{-6}\ m$$
$$\lambda = 650\ nm$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์มีค่าเท่ากับ 650 นาโมเมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง

เช่น แทนค่า λ หาค่า d

จากสมการ

$$dsin\theta = n\lambda$$

แทนค่า

$$(d)sin30° = (1)(650 \times 10^{-9})$$
$$d = \frac{(650 \times 10^{-9})}{1/2}$$
$$d = 1300 \times 10^{-9}\ m$$
$$d = 1.3 \times 10^{-6}\ m$$
$$d = 1.3\ \mu m$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องสลิต 1.3 ไมโครเมตร เท่ากับที่โจทย์กำหนดให้

4. เมื่อฉายแสงเลเซอร์สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 0.5 มิลลิเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 80 เซนติเมตร จงหาความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้มีค่าเป็นเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร $(\lambda = 500 \times 10^{-9}\ m)$
2. ความกว้างของช่องสลิต 0.5 มิลลิเมตร $(d = 0.5 \times 10^{-3}\ m)$
3. ระยะห่างระหว่างสลิตกับฉาก 80 เซนติเมตร $(L = 80 \times 10^{-2} m)$
4. ลำดับของแถบมืด คือ 1 $(\mathrm{n} = 1)$

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากมีค่าเท่าใด $(2x = ?\, m)$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

$$\frac{dx}{L} = n\lambda$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

จากสมาการ

$$\frac{dx}{L} = n\lambda$$

แทนค่า

$$\frac{(0.5\times10^{-3})x}{80\times10^{-2}} = (1)(500 \times 10^{-9})$$

$$x = \frac{(500\times10^{-9})(80\times10^{-2})}{(0.5\times10^{-3})}$$

$$x = 8 \times 10^{-4}\ m$$

$$2x = 1.6 \times 10^{-3}\ m$$

ดังนั้น ความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากมีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-3} เมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง เช่น แทนค่า x หาค่า d

จากสมาการ

$$\frac{dx}{L} = n\lambda$$

แทนค่า

$$\frac{d(8\times10^{-4})}{80\times10^{-2}} = (1)(500 \times 10^{-9})$$

$$d = \frac{(500\times10^{-9})(80\times10^{-2})}{(8\times10^{-4})}$$

$$d = 5 \times 10^{-4}\ m$$

$$d = 0.5 \times 10^{-3}\ mm$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องสลิต 0.5 มิลลิเมตร เท่ากับที่โจทย์กำหนดให้

5. เกรตติงชนิด 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าให้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโมเมตร ส่งผ่านเกรตติงจะเกิดแถบสว่างบนฉากทั้งหมดกี่แถบ

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ความกว้างของช่องสลิต คือ $\frac{\text{เซนติเมตร}}{\text{จำนวนช่อง}} = \frac{10^{-2}}{10000} = 1 \times 10^{-6}$ เมตร $(d = 1 \times 10^{-6}\ m)$
2. ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร $(\lambda = 500 \times 10^{-9}\ m)$
3. มุมการเบน $(\theta = 90°)$

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

แถบสว่างบนฉากทั้งหมดกี่แถบ (n = ?)

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

$$d sin\theta = n\lambda$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

จากสมาการ

$$d sin\theta = n\lambda$$

แทนค่า

$$(1 \times 10^{-6}) sin90° = n(500 \times 10^{-9})$$

$$n = \frac{1 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-9}}$$

$$n = 2$$

ดังนั้น เกิดแถบสว่างบนฉากทั้งหมด ด้านซ้าย + กลาง + ด้านขวา เท่ากับ $2 + 1 + 2 = 5$ แถบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง เช่น แทนค่า n หาค่า λ

จากสมาการ

$$d sin\theta = n\lambda$$

แทนค่า

$$(1 \times 10^{-6}) sin90° = (2)\lambda$$

$$\lambda = \frac{1 \times 10^{-6}}{2}$$

$$\lambda = 0.5 \times 10^{-6}\ m$$

$$\lambda = 500 \times 10^{-9}\ m$$

$$\lambda = 500\ nm$$

ดังนั้น ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เท่ากับที่โจทย์กำหนดให้

แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดเจตคติฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อสอบถามความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

2. แบบวัดเจตคติฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ในแต่ละข้อจะมีช่องว่างให้เลือกตอบ 5 ช่อง

3. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนในระดับใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียน

4. การตอบของนักเรียนไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด เพราะแต่ละคนย่อมมีความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ขอให้นักเรียนตอบตามความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่แท้จริง

ตัวอย่าง

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	**ระดับความคิดเห็น**				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	**เห็นด้วย**	**ไม่แน่ใจ**	**ไม่เห็นด้วย**	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง**
1. วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เข้าใจยาก	✓				
2. วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยิ่งเรียนยิ่งสนุก			✓		

แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. นักเรียนรู้สึกสนุกเมื่อเรียนวิชาฟิสิกส์					
2. นักเรียนรู้สึกเบื่อเมื่อต้องทำการบ้านวิชาฟิสิกส์					
3. นักเรียนชอบเรียนวิชาฟิสิกส์มากกว่าวิชาอื่น ๆ					
4. นักเรียนรู้สึกสนุกสนานที่ได้ทำการทดลองทางฟิสิกส์					
5. นักเรียนรู้สึกว่าวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาที่ซับซ้อนมากเกินไป					
6. นักเรียนรู้สึกกังวล เบื่อหน่าย และไม่อยากเข้าเรียนเมื่อถึงชั่วโมงวิชาฟิสิกส์					
7. นักเรียนมีความกระตือรือร้น เมื่อได้เรียนวิชาฟิสิกส์					
8. นักเรียนมักจะไม่เข้าเรียน เมื่อถึงชั่วโมงวิชาฟิสิกส์					
9. นักเรียนไม่เคยทำแบบฝึกหัดและการบ้านวิชาฟิสิกส์ด้วยตนเอง					
10. นักเรียนเรียนวิชาฟิสิกส์เฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น ไม่เคยศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม					
11. นักเรียนมักจะแสดงความเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนสอนวิชาฟิสิกส์					

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
12. นักเรียนมักจะหลีกเลี่ยงอยู่เสมอเมื่อครูให้ออกไปแสดงการแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน					
13. นักเรียนให้ความร่วมมือกับเพื่อนในกลุ่มอย่างดี เมื่อทำกิจกรรมการทดลองทางวิชาฟิสิกส์					
14. นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์ทำให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ เป็นคนมีเหตุผล					
15. นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน					
16. นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาที่ท้าทายความสามารถในการเรียนรู้					
17. นักเรียนคิดว่าการเรียนวิชาฟิสิกส์ไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสาขาอื่น ๆ ได้					
18. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมที่ต้องทำในวิชาฟิสิกส์ยากเกินไป					
19. นักเรียนคิดว่าความรู้ทางวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่เป็นเรื่องไม่น่าสนใจและล้าสมัย					
20. นักเรียนคิดว่าการเรียนวิชาฟิสิกส์เป็นการสูญเปล่าที่นักเรียนไม่ได้ประโยชน์					

ขอขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ