การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

LEARNING ACHIEVEMENT AND ABILITY FOR SOLVING PHYSICS PROBLEMS OF GRADE 11 STUDENTS USING THE 7E LEARNING INQUIRY METHODS TOGETHER WITH THE PHYSICAL PROBLEM SOLVING TECHNIQUES

WEERADA LIMPISAWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

62910041: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E), เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์, ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์ : การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์. (LEARNING ACHIEVEMENT AND ABILITY FOR SOLVING PHYSICS PROBLEMS OF GRADE 11 STUDENTS USING THE 7E LEARNING INQUIRY METHODS TOGETHER WITH THE PHYSICAL PROBLEM SOLVING TECHNIQUES) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด., ธนาวุฒิ ลาตวงษ์, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม รวมทั้งสิ้น 43 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1) คะแนนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

62910041: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: 7E LEARNING INQUIRY METHODS, PROBLEM SOLVING TECHNIQUES, LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS, PHYSICS PROBLEM SOLVING ABILITIES

WEERADA LIMPISAWAT : LEARNING ACHIEVEMENT AND ABILITY FOR SOLVING PHYSICS PROBLEMS OF GRADE 11 STUDENTS USING THE 7E LEARNING INQUIRY METHODS TOGETHER WITH THE PHYSICAL PROBLEM SOLVING TECHNIQUES . ADVISORY COMMITTEE: CHADE SIRISAWAT, Ed.D., THANAWUTH LATWONG, Ed.D. 2021.

The purposes of this research were to study grade 11 students' physics learning achievement and problem-solving abilities on the topic of electrostatic by using the 7E learning inquiry methods with physics problem-solving techniques between before and after learning and after learning with the 70 percent criterion. The sample consisted of 43 grade 11 students' Sciences and Mathematics Program students from 1 classroom of Sriracha School in the second semester of the academic year 2020, obtained using the cluster random sampling technique. The research instruments used for the study were the learning management plan of the 7E learning inquiry methods with physics problem-solving techniques, physics achievement test, and physics problem-solving abilities test. The statistics used for analyzing data were mean, standard deviation, dependent samples t-test, and one sample t-test.

The results findings were summarized as follows:

1) Physics score of grade 11 students' who received the 7E learning cycle combined with physics problem-solving techniques on the topic of electrostatic after learning was higher than before learning, and after-learning was higher than the 70 percent criterion at the statistical significance at the .05 level.

2) Physics problem-solving abilities of grade 11 students' who received the 7E learning cycle combined with physics problem-solving techniques on the topic of electrostatic after learning was higher than before learning, and after-learning was higher than the 70 percent criterion at the statistical significance at the .05 level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ อาจารย์ปราณี นุชเจริญผล และอาจารย์พิชญุตม์ เทียนเที่ยง ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้อง และมีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู เจ้าหน้าที่ โรงเรียนศรีราชา ที่อำนวยความสะดวกและกรุณาให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในโรงเรียน และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อทินกร คุณแม่จำรูญ ลิมปิสวัสดิ์ และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ท

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 8

ขอบเขตของการวิจัย 9

กรอบแนวคิดการวิจัย 10

นิยามศัพท์เฉพาะ 11

บทที่ 2 15

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 15

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 31

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 51

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 58
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 63
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 76
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 88
บทที่ 3 92
วิธีดำเนินการวิจัย 92
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 92
รูปแบบการวิจัย 93
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 93
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 94
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 114
การวิเคราะห์ข้อมูล 115
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 116
บทที่ 4 120
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 120
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 120
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 121
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
บทที่ 5 134
สรุปและอภิปรายผล 134
สรุปผลการวิจัย 135
อภิปรายผลการวิจัย 135
ข้อเสนอแนะ 142

บรรณานุกรม 144
ภาคผนวก 151
ภาคผนวก ก 152
ภาคผนวก ข 158
ภาคผนวก ค 223
ประวัติย่อของผู้วิจัย 317

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 20

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต 24

ตารางที่ 3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) 44

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาและตามแนวคิดที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น 57

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการให้ระดับผลการเรียน 75

ตารางที่ 6 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา 84

ตารางที่ 7 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา 85

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 86

ตารางที่ 9 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design 93

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ น้ำหนักคะแนน 94

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบจำแนกตามระดับตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน 99

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบของ 109

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์111

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน 122

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน 123

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 124

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน).....125

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน).....126

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 127

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 128

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 129

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 130

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน).....131

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน).....132

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....133

ตารางที่ 26 ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของคูลอมบ์.....159

ตารางที่ 27 ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้า.....161

ตารางที่ 28 ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์.....163

ตารางที่ 29 ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ตัวเก็บประจุ.....165

ตารางที่ 30 ข-5 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต.....167

ตารางที่ 31 ข-6 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 ข้อ.....170

ตารางที่ 32 ข-7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 ข้อ.....172

ตารางที่ 33 ข-8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถามและเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต.....175

ตารางที่ 34 ข-9 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 20 ข้อ.....187

ตารางที่ 35 ข-10 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ.....188

ตารางที่ 36 ข-11 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน).....191

ตารางที่ 37 ข-12 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....192

ตารางที่ 38 ข-13 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....193

ตารางที่ 39 ข-14 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราธวอห์ล (คะแนนเต็ม 30 คะแนน).....194

ตารางที่ 40 ข-15 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ความจำก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....197

ตารางที่ 41 ข-16 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความเข้าใจ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....198

ตารางที่ 42 ข-17 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) 199

ตารางที่ 43 ข-18 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....200

ตารางที่ 44 ข-19 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประเมินค่า ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....201

ตารางที่ 45 ข-20 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการสร้างสรรค์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....202

ตารางที่ 46 ข-21 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ความจำ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....203

ตารางที่ 47 ข-22 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความเข้าใจ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....204

ตารางที่ 48 ข-23 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....205

ตารางที่ 49 ข-24 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการวิเคราะห์ .. หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....206

ตารางที่ 50 ข-25 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประเมินค่า หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....207

ตารางที่ 51 ข-26 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการสร้างสรรค์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....208

ตารางที่ 52 ข-27 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและ หลังเรียน (คะแนนเต็ม 80 คะแนน).....209

ตารางที่ 53 ข-28 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....210

ตารางที่ 54 ข-29 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....211

ตารางที่ 55 ข-30 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....212

ตารางที่ 56 ข-31 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....215

ตารางที่ 57 ข-32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียนวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) 216

ตารางที่ 58 ข-33 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....217

ตารางที่ 59 ข-34 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นตรวจสอบคำตอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....218

ตารางที่ 60 ข-35 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....219

ตารางที่ 61 ข-36 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) 220

ตารางที่ 62 ข-37 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....221

ตารางที่ 63 ข-38 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นตรวจสอบคำตอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test).....222

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 10

ภาพที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ของ BSCS (สถาบันส่งเสริมการสอน.....40

ภาพที่ 3 การปรับขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น 43

ภาพที่ 4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหา....62

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สังคมโลกในปัจจุบัน มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เข้ามามีบทบาทสำคัญยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ การประกอบอาชีพต่าง ๆ เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

วิชาฟิสิกส์ เป็นวิชาที่สำคัญวิชาหนึ่ง ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสสารกับพลังงาน โดยศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งไม่มีชีวิต จากการสังเกตและรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ จนสรุปเป็นทฤษฎีและกฎเพื่ออภิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ (ศิลปะชัย บูรณพานิช, 2549) กล่าวว่าความรู้ทางฟิสิกส์เป็นรากฐานของวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ แฟรงค์ วูดบริดจ์ คอนแสตนท์ (Constant, 1967) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ว่า “วิชาฟิสิกส์เป็นหัวใจของวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ” นอกจากนี้ โคช์ ซอง คิม (Khim, 1978) ได้เน้นถึงความสำคัญของวิชาฟิสิกส์ว่า “วิชาฟิสิกส์ เป็นสาขาที่เป็นพื้นฐานที่สุด ไม่มีสาขาใดจะมีการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากไปกว่าวิชาฟิสิกส์ และเป็นรากฐานของความรู้เชิงทฤษฎี และความรู้ในการประยุกต์” ดังนั้น การเรียนวิชาฟิสิกส์ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้น ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในหลักการของฟิสิกส์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในชีวิตประจำวันได้

การศึกษาของประเทศไทยได้ให้ความสำคัญต่อการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และเน้นให้นักเรียนพัฒนาศักยภาพด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 ในมาตรา 24 ได้

กำหนดการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกทักษะการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานระหว่างความรู้ต่าง ๆ ได้อย่างสมดุลกัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545)

ปัจจุบันในโรงเรียนส่วนใหญ่จัดการเรียนการสอนในรูปแบบบรรยาย สอนเนื้อหาตามหนังสือหรือเอกสารประกอบการเรียน ซึ่งการสอนลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าในใจหลักการ และทฤษฎีตามที่สอนได้อย่างแท้จริง นักเรียนฟังและจดตามเนื้อหาทำให้นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้น ไม่มีความมั่นใจในตนเอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น นอกจากนี้ พบว่า นักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องเพียงพอ เมื่อให้นักเรียนต่างคนต่างทำนั้นนักเรียนไม่ค่อยตั้งใจทำ ในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนแต่ละครั้งจะเปิดดูตัวอย่างโจทย์ที่เคยทำผ่านมาหรือตัวอย่างที่คล้ายกันจากหนังสือแล้วทำตาม การแก้ปัญหาไม่ได้เกิดจาก การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเอง ทำให้ไม่มีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาและไม่สามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้ เพราะนักเรียนไม่กล้าที่จะคิดแก้ปัญหาเองได้ (สิริเกศ หมัดเจริญ, 2553) เห็นได้จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ระดับประเทศ

การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Educational Test) เป็นการทดสอบเพื่อวัดความรู้และความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประเมินตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความรู้และความคิดของนักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการจบการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนของโรงเรียน เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชาติและเพื่อนำผลการทดสอบไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น จากผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2557 - 2561 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยในระดับประเทศร้อยละ 32.54, 33.40, 31.62, 29.37 และ 30.51 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50 ของทั้งประเทศในทุกปีการศึกษา สำหรับโรงเรียนศรีราชา มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 34.42, 33.40, 32.49, 28.50 และ 31.79 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ของทั้งประเทศ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561)จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า

การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข ทางกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดกิจกรรมที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลคะแนน O-NET ให้สูงขึ้นใน 5 อันดับ ได้แก่ การทบทวนบทเรียนและเสริมทักษะในการทำข้อสอบ ร้อยละ 61.90, การจัดการเรียนรู้ตรงตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ร้อยละ 50.60, การพัฒนาข้อสอบ O-NET ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติให้มีความเหมาะสมร้อยละ 50.30, การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ร้อยละ 50 และกิจกรรมพัฒนางานครูด้วยกระบวนการ PLC แก้ปัญหานักเรียนร้อยละ 39.10 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ พบว่า แนวทางที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558)การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ที่ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556) การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) โดยไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการขยายกรอบแนวคิด จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น ขั้นที่เพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่มีความจำเป็น สำหรับการสอนที่ดีเป้าหมายที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจ และตื่นเต้นกับการเรียนสามารถสร้างความรู้อย่างมีความหมายได้ การตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนรู้ ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้มาให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบไปด้วย 7 ขั้น มีขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) 2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) 5) ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) จะทำให้นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (อาริสา สุปน, 2557) พบว่า ผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (ดารณี พุฒเจันทร์หอม, 2558) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) จะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการศึกษาวิชาฟิสิกส์ เพราะจะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบพฤติกรรมต่าง ๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรงและทางอ้อม กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางสติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและจินตนาการ เพื่อหาแนวปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544) ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลเป็น การใช้ประสบการณ์เดิมและการรวบรวมข้อมูลจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อตัดสินใจเลือกใช้วิธีการหรือแนวทางที่หลีกเลี่ยงความยุ่งยากหรืออุปสรรค เพื่อนำไปสู่จุดมุ่งหมายของการหาคำตอบได้โดยประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์ที่เรียนมาแล้ว รวมถึงการสร้างกฎเกณฑ์และความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหานั้น ๆ การคิดแก้ปัญหาจึงเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้เฉพาะด้านและกลยุทธ์ทางปัญญา เพื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่มีจุดหมายอย่างชัดเจน (Chi, 1982) โดยส่วนใหญ่ได้พิจารณากลยุทธ์เทคนิค กระบวนการแก้ปัญหาอยู่บนพื้นฐานของนักคณิตศาสตร์ที่สำคัญอย่างโพลยา (G. Polya, 1957) ได้เสนอเทคนิคขั้นตอนของการคิดแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) 2) การวางแผนในการแก้ปัญหา (Devising a Plan) 3) การลงมือทำตามแผน (Carrying Out the Plan) 4) การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ (Looking Back) พบว่า ขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังกล่าว สามารถช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาการคิดคำนวณได้ สอดคล้องกับโปรโตเลส และโรเปส (Portoles, 2008) ได้สรุปปัจจัยที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้สำเร็จ คือ ผู้เรียนต้องรู้และเข้าใจในแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และต้องมีกลยุทธ์ในการนำไปใช้แก้ปัญหา เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสำหรับการช่วยเหลือ และแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนต่อไป ดังนั้น ขั้นตอนการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะช่วย

ให้นักเรียนสามารถวางแผนการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถเชื่อมโยงกระบวนการคิดกับหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งจะนำไปสู่การค้นหาคำตอบทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556)

จากการศึกษาวิธีการที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และสังเคราะห์เป็นขั้นตอน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) สำหรับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้ง 4 ขั้นตอนนี้ เป็นเทคนิคที่มีความต่อเนื่อง สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีวิธีการคิดคำนวณอย่างเป็นขั้นตอน และสามารถเชื่อมโยงกระบวนการคิดกับหลักการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า นักการศึกษาได้คิดค้น และพัฒนาขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กันมาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ นักการศึกษาทางฟิสิกส์ คือ ราคินต์และบรากเกต (Larkin, 1976) เฮสเทนต์ (Hestenes, 1987) เชอคูริ (Chekuri, 1996) ดิ้งค์และฮาร์แคมป์ลิ้ง (Ding, 2007) และ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, 2010) ซึ่งจะเห็นได้ว่า นักการศึกษามีแนวคิดขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน แต่มีการแจกแจงเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้สูงขึ้นสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ธันยรัตน์ พลเยี่ยม (2560) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จุไรรัตน์ สอนสีดา (2560) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กัลยาณี บุญทรัพย์ (2561) พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ และแนวทางในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยการนำเทคนิคทั้ง 4 ขั้นตอน มาเสริมเข้าไปในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) และขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีราชา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงได้ยึดเกณฑ์การประเมินของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาที่ร้อยละ 70 ซึ่งอยู่ในระดับดี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2557)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนค้นหาความจริง จากการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) นั้นจะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ซึ่งเห็นได้จากผลงานวิจัยของ อาริสา สุปน (2557) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ดารณี พุฒจันทร์หอม (2558) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) จะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้น จากพื้นฐานตามแนวคิดของนักศึกษาที่สำคัญอย่าง โปรโตเลส และโรเปส (Portoles, 2008) ที่กล่าวเกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยสรุปไว้ว่า ปัจจัย 2 ประการที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิดทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ ซิงค์ (Singh, 1993) ได้กล่าวเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ว่า การแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมของการสืบสวนสอบสวนที่ผู้แก้ปัญหาต้องสืบเสาะหาวิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายจากข้อมูลที่ได้รับและผลการวิจัยของไกเฮอร์และคนอื่น ๆ (Gaigher & Braun, 2007) พบว่า การใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดี จากแนวคิดทฤษฎี และผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัย 4 ข้อ ดังนี้

1. คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับครูผู้สอนสามารถนำไปจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยพัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สูงขึ้น

2. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในเนื้อหาอื่น ๆ ของฟิสิกส์

3. นักเรียนได้รับแนวทางและประสบการณ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 158 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 43 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3. เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เนื้อหาสาระฟิสิกส์ตามตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบ่งออกเป็น 4 เรื่อง ดังนี้

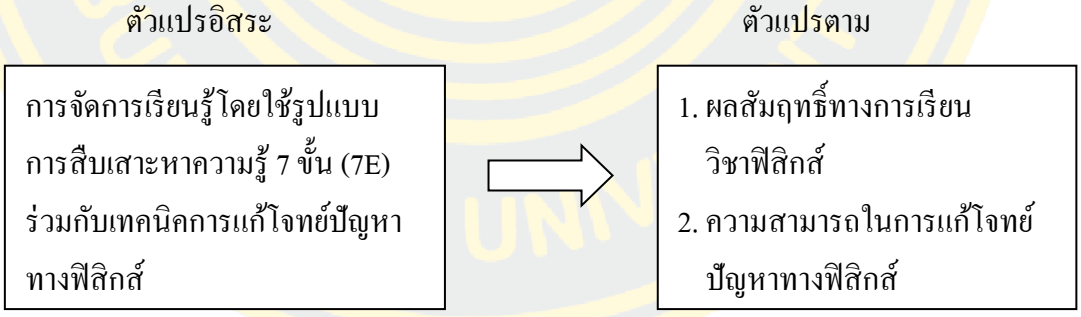
3.1 กฎของคูลอมบ์	3	คาบ
3.2 สนามไฟฟ้า	5	คาบ
3.3 ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	5	คาบ
3.4 ตัวเก็บประจุ	5	คาบ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการดำเนินการวิจัยทั้งหมด 22 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบไปด้วย การทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ ทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 18 คาบ และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ เกิดจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ ควรเน้นที่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำ การถาม การตอบ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การลงข้อสรุปข้อมูล การสร้างองค์ความรู้ จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติได้ (National Research Council, 1996) การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า หาความรู้ใหม่ หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาในการหาคำตอบได้อย่างเป็นระบบและมีความชัดเจนมากขึ้น ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 7 ขั้น (7E) ตามแนวคิดของไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) 2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) 5) ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง แนวทางที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สามารถเชื่อมโยงกระบวนการคิดกับหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งจะนำไปสู่การค้นหาคำตอบทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นนี้ประกอบไปด้วย 4 ขั้น คือ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง แนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปตามแนวคิดของไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน นำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ที่จะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้สูงขึ้น โดยนำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ดังกล่าว เข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) และขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์เดิมที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียนบ้าง และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

3.2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนเรื่องที่น่าสนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งได้เรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นต่อไป

3.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูลสำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

3.4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลองตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน เพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างความองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้

3.5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ โดยครูควรจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์เพื่อให้เรียนมีความรู้มากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม โดยการเสริมเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้แก่นักเรียน ครูจะแสดงตัวอย่างวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และร่วมกันอภิปรายกับนักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาตามตัวอย่างซึ่งจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาจากนั้นพิจารณาดูว่า โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

3.5.2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพตามที่โจทย์ระบุ รวบรวมสูตร สมการที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นหาวิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

3.5.3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหาตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนไว้ โดยดำเนินการแสดงวิธีหาคำตอบจากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุคำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

3.5.4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้สมการว่าถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ และหน่วยของคำตอบมีความถูกต้องหรือไม่

3.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งดูได้จากการให้นักเรียนได้ฝึกทำแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase)

3.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ใช้วัดความรู้หรือคุณภาพของความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียน ได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราธวอห์ล ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ (Knowledge) 2) ความเข้าใจ (Comprehension) 3) การประยุกต์ใช้ (Apply) 4) การวิเคราะห์ (Analyze) 5) การประเมิน (Evaluate) และ 6) การสร้างสรรค์ (Create) ซึ่งทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ใน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการคิดหาวิธีการหาทางออกของปัญหาได้โดยต้องเข้าใจในปัญหา หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่และสามารถหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง หาวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยจำนวนตัวเลข และข้อความ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่จนได้คำตอบของโจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) ในเรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง คะแนนที่ยอมรับได้เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งวิเคราะห์จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียน โดยการคิดคะแนนเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ โดยกำหนดตามเกณฑ์ของสำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และเกณฑ์ของโรงเรียนศรีราชา ซึ่งได้กำหนดอยู่ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2557)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
6. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มีรายละเอียดของการจัดสาระการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหา และผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการ และความสำคัญ ของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลัก และธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลง และการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสาร และพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจ และใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร ในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในสาระฟิสิกส์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2560) กล่าวถึงสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ดังนี้

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณ และกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. การเข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียง และการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสารสภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลในอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม รายวิชา ฟิสิกส์ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศรีราชา

ศึกษา วิเคราะห์ สมบัติของคลื่นเสียง การสั่นพ้องธรรมชาติของเสียง อัตราเร็วของเสียง การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ความเข้มเสียงและการได้ยิน เสียงดนตรี บีตส์และคลื่นนิ่งของเสียง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง การเกิดไฟฟ้าสถิต กฎการอนุรักษ์ประจุ แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม อิทธิพลของอุณหภูมิต่อตัวต้านทาน การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ ทดลอง การแก้ปัญหา การเขียนแผนภาพ และการอภิปราย

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นการกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. ทดลอง และอธิบาย การเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีตส์ คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกัน และการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

5. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

6. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

7. อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

8. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

9. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณ ความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

11. อธิบายความหมายของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างขั้ว

12. อธิบายและคำนวณ พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในวงจร

13. ทดลอง วิเคราะห์ และคำนวณ การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม และแบบขนาน หาปริมาณทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

จากผลการเรียนรู้ รายวิชา ฟิสิกส์ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศรีราชา สามารถออกแบบโครงสร้างรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ 4 มีรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
เสียง	1. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นการกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- ธรรมชาติของเสียง	4
	2. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- การได้ยินเสียง	4
	3. ทดลอง และอธิบาย การเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีตส์ คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง	6

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
ไฟฟ้าสถิต	4. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	- ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต	4
	5. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	- กฎของคูลอมบ์	3
	6. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	- สนามไฟฟ้า	5
	7. อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	- ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	5
	8. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- ตัวเก็บประจุ	5

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
ไฟฟ้ากระแส 1	9. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- กระแสไฟฟ้า	2
		- การนำไฟฟ้า	2
	10. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณ ความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	- กฎของโอห์มและความต้านทาน	3
		- การต่อตัวต้านทานและแบตเตอรี่	2
	11. อธิบายความหมายของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างขั้ว	- แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างขั้ว	2
	12. อธิบายและคำนวณ พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในวงจร	- กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า	3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
ไฟฟ้ากระแส 2	13. ทดลอง วิเคราะห์ และคำนวณการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม และแบบขนาน หาปริมาณทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย	- การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น	5
		- วงจรไฟฟ้าในบ้าน	3
		- การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย	2
	รวม		**60**

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเฉพาะผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เนื่องจากเป็นเรื่องที่ต้องใช้ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา จากปัญหาพบว่านักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และไม่มีขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง เพียงพอ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ปัญหาการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จึงขอนำเสนอรายละเอียดของผลการเรียนรู้ และเวลาเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	กฎของคูลอมบ์ - แรงระหว่างประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน - แรงไฟฟ้าลัพธ์	3
2. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	สนามไฟฟ้า - ความหมายของสนามไฟฟ้า - สนามไฟฟ้าของจุดประจุและระบบประจุ - เส้นสนามไฟฟ้า - แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า	5
3. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ - ความต่างศักย์เนื่องจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ - ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ	5
4. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ตัวเก็บประจุ - หลักการทำงานของตัวเก็บประจุ - ความจุของตัวเก็บประจุ - พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ - การต่อตัวเก็บประจุ	5
รวม		**18**

จากการศึกษากรอบสาระการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ และผลการเรียนรู้ของสถานศึกษาโรงเรียนศรีราชา โดยใช้เนื้อหาในเรื่องไฟฟ้าสถิต ได้แก่ 1) กฎของคูลอมบ์ 2) สนามไฟฟ้า 3) ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ และ 4) ตัวเก็บประจุ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้ดียิ่งขึ้น

สาระสำคัญ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2561) ได้สรุปแนวความคิดสำคัญ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ดังนี้

ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ ถ้าประจุทั้งสองมีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกันและหากประจุทั้งสองมีประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกัน ซึ่งแรงระหว่างจุดประจุนั้นจะเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์ ตามสมการ $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ ขนาดของแรงระหว่างประจุขึ้นอยู่กับขนาดของประจุ และระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง

รอบประจุไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะมีสนามไฟฟ้า (Electric field) ที่แผ่ออกไปทั่วอวกาศ (Space) เมื่อประจุไฟฟ้าอีกประจุหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุดังกล่าวก็จะรับรู้ถึงแรงไฟฟ้าที่ประจุนั้นกระทำได้มีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อจุดประจุบวกขนาดหนึ่งหน่วย ซึ่งวาง ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$

สนามไฟฟ้าของจุดประจุ ณ ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะทาง r หาได้จากสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ สนามไฟฟ้าของระบบประจุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นต่อเนื่องแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุมีทิศอยู่ในแนวพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมี ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นเดียว ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่ง ๆ แสดงถึงขนาดของสนามไฟฟ้าในบริเวณนั้น ๆ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์จะไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านเรียกว่า จุดสะเทิน (Neutral point)

สำหรับตัวนำทรงกลมประจุไฟฟ้าจะกระจายอย่างสม่ำเสมอบริเวณผิวตัวนำและสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม มีทิศตั้งฉากกับผิวตัวนำต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม หาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีประจุ Q เท่ากันแต่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม ตามสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ เมื่อนำประจุ q มวล m วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีแรงไฟฟ้าทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากแรงไฟฟ้าตามสมการ $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ เมื่อนำประจุไปอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของประจุนั้น เมื่อประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ไฟฟ้าและพลังงานจลน์ของประจุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

เมื่อประจุ q อยู่ในสนามไฟฟ้า ทำให้มีพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของประจุ จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ ณ ตำแหน่งนั้น เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้า (Electric field) ตามสมการ $V = \frac{U}{q}$

ความต่างศักย์ หมายถึง ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่งเทียบกับอีกตำแหน่งหนึ่ง ความต่างศักย์ที่ตำแหน่ง B เทียบกับตำแหน่ง A หาได้จาก $V_B - V_A = \Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับงานเนื่องจากแรงไฟฟ้าในการเคลื่อนที่หนึ่งหน่วยประจุบวก จาก A ไป B ตามสมการ $V_B - V_A = -\frac{W_{A\to B}}{q}$

ความต่างศักย์เนื่องจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างสองตำแหน่งที่ห่างกันเป็นระยะ d ในแนวขนานสนามไฟฟ้า หาได้จาก $\Delta V = -Ed$ ศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุ ณ ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะทาง r หาได้จาก $V = \frac{kq}{r}$ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบวกมีค่าเป็นบวกและศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุลบมีค่าเป็นลบ ศักย์ไฟฟ้าของระบบประจุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบสเกลาร์ของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมและคายประจุไฟฟ้า มีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย ตัวนำสองชิ้นที่คั่นด้วยฉนวน เมื่อนำตัวเก็บประจุไปต่อกับแบตเตอรี่ ทำให้แผ่นตัวนำแต่ละแผ่นมีประจุสะสม –Q และ +Q ถือว่าตัวเก็บประจุมีประจุสะสมเท่ากับ Q ซึ่งเรียกว่า การประจุ (Charging) เมื่อนำตัวเก็บประจุที่ผ่านการประจุแล้วไปต่อเข้าเป็นวงจรกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้มีการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า การคายประจุ (Discharging) และหยุดถ่ายโอนเมื่อประจุไฟฟ้าที่สะสมเท่ากับศูนย์

ความจุ (Capacitance) เป็น ความสามารถในการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ หาได้จากอัตราส่วนของประจุไฟฟ้าต่อความต่างศักย์ ตามสมการ $C = \frac{Q}{\Delta V}$

พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุพิจารณาได้จากงานที่กระทำต่อประจุให้เคลื่อนที่ไปสะสมบนตัวเก็บประจุ ซึ่งเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความต่างศักย์กับประจุที่สะสมบนตัวเก็บประจุ ตามสมการ $U = \frac{1}{2} Q\Delta V$

ความจุที่ได้จากการต่อตัวเก็บประจุหลายตัวเรียกว่า ความจุสมมูล (Equivalent capacitance) การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Capacitors in series) ทำให้ความจุสมมูลลดลง หาได้จากสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน (Capacitors in parallels) ทำให้ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น หาได้จากสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาสาระสำคัญ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

การสอนวิทยาศาสตร์

การสอนวิทยาศาสตร์นั้น ครูมีหน้าที่รับผิดชอบในการสอนให้นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชา มีทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากที่สุด ให้นักเรียน ได้มีโอกาสค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางแล้วให้นักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ โดยการฝึกคิดตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนก็จะเป็นผู้ที่สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ทำให้นักเรียนสามารถปรับตัวอยู่ในสังคมได้ดี

การเรียนที่จะประสบผลสำเร็จได้ดีที่สุดนั้น ย่อมเกิดจากการที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง และการสอนที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จนั้น ครูต้องสอนจากประสบการณ์ตรงที่มีข้อเท็จจริงที่สามารถทดลองได้ไปสู่การสอนสิ่งที่เป็นนามธรรม วิธีสอนหรือกิจกรรมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี แต่ไม่มีข้อมูลยืนยันว่าจะมีวิธีการสอนหรือกิจกรรมใดที่ดีที่สุดเหมาะกับทุก ๆ สถานการณ์ ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรู้ในวิธีการสอนอย่างกว้างขวาง เพื่อสามารถใช้ดุลพินิจในการเลือกวิธีการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน เนื้อหาวิชา ตลอดจนอุปกรณ์การสอนที่มีอยู่ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542)

วอชตัน Washon (อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ได้กล่าวถึงกระบวนการสอนแบบอุปมาน (Inductive) ว่าเป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสร้างเป็นหลักการทั่วไป ส่วนกระบวนการสอนแบบอนุมาน (Deductive) เป็นการนำหลักการทั่วไปที่มีอยู่แล้วไปใช้ในการทำนาย เป็นการทดสอบว่าหลักการถูกต้อง การสอนแบบอุปมานจะทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดมากกว่าการสอนแบบอนุมาน ในการสอนบางครั้งผู้สอนอาจใช้การสอนแบบอุปมานและการสอนแบบอนุมานผสมกัน การสอนแบบอนุมาน ได้แก่ การสอนแบบบรรยายซึ่งครูเป็นผู้บอกความรู้ ส่วนการสอนแบบอุปมาน ได้แก่ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบค้นพบ ซึ่งผู้เรียน

ต้องเป็นผู้เสาะแสวงหาความรู้ การสอนวิทยาศาสตร์มีอยู่หลายวิธี ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์อาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือนำหลายวิธีมาผสมกันก็ได้ เพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาและสภาพการโดยทั่วไป

วิธีการสอนวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้อธิบายวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายครูผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้ซึ่ง กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การสร้างสถานการณ์หรือปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนในเชิงของปัญหา เพื่อกระตุ้นหรือท้าทายให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหานั้น อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้การอภิปราย การซักถาม การเล่าเหตุการณ์ รวมถึง การใช้อุปกรณ์สร้างสถานการณ์ที่น่าสงสัยแปลกใจ เป็นต้น

1.2 การตั้งสมมติฐาน จะต้องอาศัยสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหาในชั้นแรกเป็นหลัก ใช้คำถามที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน เพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้

1.3 การออกแบบการทดลอง ครูอาจใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่การออกแบบการทดลอง และระบุวิธีในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.4 การทดสอบสมมติฐานโดยการทดลอง เป็นการทดลองและบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น

1.5 ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ครูอาจใช้คำถามโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปหาคำตอบในการแก้ปัญหาข้างต้น และควรมีคำตอบที่สามาถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ด้วย

2. การสอนแบบค้นพบ (Discovery method) คารินและซันด์ (Carin, 1975) ได้ให้ความหมายของการค้นพบว่า การค้นพบจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อบุคคลได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมาก กระบวนการที่ใช้ความรู้ความคิดในการค้นพบเช่น การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การพยากรณ์ การอธิบาย การลงความคิดเห็น เป็นต้น ในการสอนที่เน้นกระบวนการตอบสนองของนักเรียนต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

3. การสอนแบบสาธิต (Demonstration) เป็นการจัดประสบการณ์โดยการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งหน้าชั้นเรียนโดยครู นักเรียนคนใดคนหนึ่งหรือกลุ่มนักเรียนก็ได้ เป็นการทดลองซึ่งให้ผลการทดลองที่ไม่ทราบมาก่อน หรือเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันสิ่งที่ทราบมาแล้วที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงการทดลอง เทคนิควิธี และกระบวนการต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและกระบวนการไปพร้อม ๆ กันในการสอนครูพิจารณาว่า การสอนแบบสาธิตแบบบอกความรู้ที่ครูพยายามแนะนำบอกความรู้ให้นักเรียนหรือสอนแบบสาธิตแบบการค้นพบที่ครูพยายามให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วย

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

5. การสอนแบบบรรยาย (Lecture method) แอนเดอร์เซนและคูตนิก (H. O. Anderson, & Paul G. Koutnik,, 1972) ได้กล่าวถึงการสอนแบบบรรยายว่า เป็นวิธีการสอนที่ครูถ่ายทอดความรู้จำนวนมากแก่นักเรียนโดยตรง เป็นวิธีการหนึ่งที่นำเสนอความรู้วิทยาศาสตร์ในลักษณะองค์ความรู้ที่เลือกสรรและจัดลำดับไว้อย่างดี การดำเนินการอาจแบ่งได้แบบเป็น 4 ตอน คือ การกล่าวนำ ตัวเนื้อเรื่อง การสรุปย่อระหว่างนำเสนอ และการสรุปการบรรยาย

6. การสอนแบบอภิปราย (Discussion method) เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาความรู้ในแง่มุมต่าง ๆ ของนักเรียนซึ่งอาจเป็นการอภิปรายระหว่างนักเรียนด้วยกันหรืออภิปรายระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนทุกคนมีอิสระที่จะแสดงความคิดเห็นของตน ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ก่อนโดยครูทำหน้าที่เป็นผู้นำอภิปราย จะต้องไม่สั่งหรือครอบงำความคิดของนักเรียน การอภิปรายต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เน้นหรือขยายความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วให้กว้างขวางออกไป ดังนั้นการอภิปรายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนต้องคิดแก้ปัญหาหรือหาข้อยุติ การอภิปรายอาจสอดแทรกอยู่ในวิธีการสอนอื่น ๆ ได้ เช่น การสอนแบบบรรยาย การสอนแบบสาธิต การสอนแบบทดลอง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบค้นพบ

7. การสอนแบบพูดถามตอบ (Recitation method) เป็นการสอนที่ใช้คำถามคำตอบโดยครูเป็นผู้ถามคำถามและนักเรียนเป็นผู้ตอบคำถามตามพื้นฐานความรู้ที่นักเรียนได้อ่านจากหนังสือเรียนหรือหนังสือที่ได้รับมอบหมายให้อ่านหรือสิ่งที่ครูได้นำเสนอในระหว่างการบรรยาย การสาธิตหรือการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในการสอนแบบพูดถามตอบนั้น ครูควรอธิบายให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการสอนแบบนี้ว่าเป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ครู ซึ่งครูจะได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการขยายความและอธิบายเพิ่มเติมแก่นักเรียน สิ่งที่สำคัญที่สุดในการสอนแบบพูดถาม

ตอบเพื่อให้ได้ผลดีควรคำนึงถึงชนิดของคำถาม โครงสร้างของคำถาม และขั้นตอนที่จะถามในระหว่างการสอน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีสอนที่เหมาะกับวิชาวิทยาศาสตร์ มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มี ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโอนความรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติหลักและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบศึกษาหาความรู้มี ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้หน้าสงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจไม่สามารถศึกษาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้น แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. การใช้การจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในสถานศึกษาค้นคว้าลดลง

จากการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า วิธีการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายวิธี ซึ่งครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทราบวิธีการสอนแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชา มีทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ การสอนที่ดีนั้นมีคุณลักษณะที่เป็นศิลปะและเป็นวิทยาศาสตร์ กระบวนการสอนมีอยู่ 2 แบบใหญ่ ๆ คือ การสอนแบบอุปมานและการสอนแบบอนุมาน การสอนแบบอุปมานเป็นการสอนให้รวบรวมข้อเท็จจริงจากสิ่งย่อยเพื่อสร้างเป็นหลักการ เช่น การสอนแบบสืบเสาะหา

ความรู้ การสอนแบบค้นพบ ส่วนการสอนแบบอนุมานเป็นการสอนจากหลักการที่มีอยู่แล้วไปสู่การพิสูจน์ตรวจสอบว่าหลักการนั้นถูกต้องใช้ได้ เช่น การสอนแบบบรรยาย การสอนวิทยาศาสตร์มีอยู่หลากหลายวิธี ซึ่งครูผู้สอนอาจใช้วิธีการสอนวิธีใดวิธีหนึ่งหรือใช้หลายวิธี โดยเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหาและสภาพการณ์ทั่วไปในชั้นเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะให้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

เวลช์ (Welch, 1981) ให้ความหมายว่า การสืบเสาะเป็นกระบวนการหนึ่งของการสืบเสาะทั่วไป (General Inquiry) ที่มุ่งการหาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติโดยอาศัยความเชื่อ กรอบความคิด และข้อตกลงเบื้องต้นเป็นแนวทางในการศึกษา มาตรฐานการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (National Research Council) เห็นได้ว่าการสืบเสาะเป็นกิจกรรมที่หลากหลายซึ่งประกอบไปด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบหนังสือ เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจการวางแผนการสืบค้น การทบทวนความรู้ที่มีอยู่เมื่อได้รับหลักฐานใหม่จากการทดลอง การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การเสนอคำตอบ การอธิบาย การพยากรณ์ ตลอดจนถ่ายทอด เผยแพร่ผลการศึกษา ซึ่งในการสืบเสาะต้องการวินิจฉัยข้อตกลงเบื้องต้น การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และความคิดเชิงเหตุผลหรือตรรกะตลอดจนการพิจารณาตรวจคำตอบและคำอธิบาย

ชาตรี เกิดธรรม (2542) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวนซึ่งเป็นวิธีที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลทำให้ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเองโดยครูตั้งคำถามประเภทที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เองและสามารถนำการแก้ปัญหามาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมให้มีการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการจัดการ

เรียนรู้ การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้ และใช้ความรู้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบศึกษาหาความรู้เป็นการใช้คำถามที่มีความหมาย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นหรือค้นหาคำตอบในประเด็นที่กำหนด เน้นให้นักเรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง และครูมีบทบาทในการให้ความกระจ่างและเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนค้นพบข้อมูลและจัดระบบความหมายของตนเองครูต้องฝึกทักษะและกระบวนการสืบค้นให้กับนักเรียนก่อนสืบค้นข้อความรู้ประเด็นปัญหาที่ครูเลือกให้กับนักเรียนศึกษา ควรสัมพันธ์กับหลักสูตรและสอดคล้องกับพัฒนาการของนักเรียน ครูจะต้องตระหนักเสมอว่าต้องเน้นที่กระบวนการมากกว่าผลที่ได้จากกระบวนการ และครูต้องตรวจสอบว่าได้จัดสิ่งอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนอย่างเพียงพอ รวมทั้งมีสื่อและแหล่งวิทยาการที่เหมาะสมในการส่งเสริมให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ให้ความหมายว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการหนึ่งที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยเน้นการปฏิบัติจริงมากที่สุดการจัดการเรียนการสอนนั้น ให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายโดยวิธีนี้อยู่บนพื้นฐานของแนวคิดทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ เป็นแนวคิดที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2547) ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ ซึ่งครูต้องปรับบทบาทจากผู้ป้อนข้อมูลมาเป็นผู้ให้คำแนะนำและผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

ทิศนา แขมมณี (2553) ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยครูกระตุ้นใช้คำถามที่เหมาะสมสามารถนำนักเรียนไปสู่ข้อค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุป ด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน

เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ผู้เรียนได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ทิศนา แขมมณี (2551) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) มีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์และวีก็อทสกี้ ตามที่เพียเจต์อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซาบ หรือดูดซับ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับ และซึมซาบข้อมูล หรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้ หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพียเจต์เชื่อว่า คนทุกคนมีการพัฒนาเชาวน์ปัญญาไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์ และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะ และคณิตศาสตร์ (Logico-mathematical experience) รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social transmission) วุฒิภาวะ (Maturity) และกระบวนการพัฒนาความสมดุล (Equilibration) ของบุคคลนั้น ส่วนวีก็อทสกี้ได้ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมเป็นอย่างมาก ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้วก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคม นั่นก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้น สถาบันสังคมต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล นอกจากนั้นภาษายังเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด และการพัฒนาเชาวน์ปัญญาขั้นสูง พัฒนาการทางภาษา และทางความคิดของเด็กเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพัฒนาการทั้ง 2 ด้านจะเป็นไปร่วมกัน

สุรางค์ โค้วตระกูล (2553) กล่าวว่า ทฤษฎี Constructivism มีหลักการที่สำคัญว่าในการเรียนรู้นั้นผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้ แต่ในกลุ่มนักจิตวิทยา Constructivists มีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรทั้งนี้เนื่องจากความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism ซึ่งมีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือ จากทฤษฎีพัฒนาการของพีอาเจต์และวิก็อทสกี้ ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 แนวคิด

1. Cognitive constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของพีอาเจต์ ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น (Fowler, 1994; Greens et al., 1996 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553)

2. Social constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิก็อทสกี้ ซึ่งถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสภาวะสังคมซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น (Bruning et al., 1999 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553)

แม้ว่านักจิตวิทยา Cognitive constructivists และ Social constructivists จะมีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการอธิบายว่าผู้เรียนสร้างความรู้อย่างไร แต่ทุกคนต่างก็เห็นร่วมกันในคุณลักษณะของ Constructivism ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง
2. การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน
3. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสัมพันธ์ต่อกันเรียนรู้
4. การจัดสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ศศิธร เวียงวะลัย (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้มีความเชื่อพื้นฐานว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ โดยการอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับเพื่อค้นหาความจริง โดยมีรากฐานจากทฤษฎีจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลาย ซึ่งนักทฤษฎีได้ประยุกต์ทฤษฎีจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาดังกล่าวในรูปแบบและมุมมองใหม่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มที่เน้นกระบวนการรู้คิดในตัวบุคคล (Radical constructivism or personal constructivism or cognitive oriented constructivist theories) เป็นกลุ่มที่เน้นการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นรายบุคคล โดยมีความเชื่อว่ามนุษย์แต่ละคนดูวิธีเรียนและรู้วิธีคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. กลุ่มที่เน้นการสร้างความรู้โดยอาศัยปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social constructivism or socially oriented constructivist theories) เป็นกลุ่มที่เน้นว่าความรู้ คือ ผลผลิตทางสังคมโดยมีข้อตกลงเบื้องต้นสองประการ คือ ความรู้ต้องสัมพันธ์กับชุมชน และปัจจัยทางวัฒนธรรม สังคม และประวัติศาสตร์มีผลต่อการเรียนรู้ ดังนั้น ครูจึงมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

การสร้างองค์ความรู้เป็นกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับโครงสร้างองค์ความรู้เดิม ซึ่งแอทคินสันและชิฟฟริน Atkinson & Shiffirn, 1968 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี (2550) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างองค์ความรู้ไว้ดังนี้

1. เริ่มจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า ได้แก่ การสัมภาษณ์ การได้ยิน การมองเห็น การดมกลิ่น และการชิมรส ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ความจำระยะสั้นอย่างรวดเร็ว กระบวนการที่ข้อมูลจะถูกเรียกเก็บเข้าไปในความทรงจำระยะสั้นประกอบด้วยการรู้จักและการใส่ใจ

2. การเรียกคืนองค์ความรู้ที่จัดเก็บอยู่ในความทรงจำระยะยาว โดยในการจัดเก็บองค์ความรู้เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นมโนทัศน์ของความจำระยะยาว และมโนทัศน์ที่ถูกกระตุ้นนี้จะลดความยาวของเครือข่ายมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องลง มโนทัศน์ที่ถูกกระตุ้นก็จะถูกเรียกเข้าสู่ความจำระยะสั้น

3. การเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสกับข้อมูลที่เป็นความรู้เดิมโดยในการเชื่อมโยงข้อมูลต้องมีการเรียกคืนความรู้ที่จัดเก็บอยู่ในความทรงจำระยะยาว โดยการเชื่อมโยงนั้นเป็นการอธิบาย การแปลความหมาย การประเมิน การเปรียบเทียบ และการโต้แย้งข้อมูลใหม่กับความรู้เดิมทำให้เกิดการดูดซึมและการปรับโครงสร้างทางความคิด

ประโยชน์ของการตรวจสอบความรู้เดิมสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจะทำให้ครูได้รู้ถึงความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้วจึงนำมาวางแผนการจัดการเรียนรู้

2. นักเรียนสามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

3. แม้ว่านักเรียนจะมีความรู้ที่แตกต่าง การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงข้อมูลสรุปจนกลายเป็นความรู้เดิมเดียวกัน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553) ได้กล่าวถึง การนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ ผลของการเรียนรู้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้และตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น เป้าหมายการเรียนรู้ต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง (Authentic tasks) ครูจะต้องเป็นตัวอย่าง และฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนเห็น นักเรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้จะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้นักเรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัวไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลความ และสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ จะต้องมีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้ และแก้ปัญหาจริงได้

3. ในการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (Active) นักเรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูล หรือประสบการณ์ต่าง ๆ และต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยการให้นักเรียนอยู่ในบริบทจริง ซึ่งไม่ได้หมายความว่านักเรียนจะต้องออกไปยังสถานที่จริงเสมอไป แต่เป็นการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุอุปกรณ์ สิ่งของ หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นของจริง และมีความสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถจัดกระทำศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้น ดังนั้น ความเข้าใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิด การจัดกระทำกับข้อมูล มิใช่เกิดขึ้นง่าย ๆ จากการรับข้อมูล หรือมีข้อมูลเพียงเท่านั้น

4. ในการจัดการเรียนรู้ครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (Sociomoral) ให้เกิดขึ้น โดยนักเรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งทางสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้

5. ในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีบทบาท ในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยนักเรียนจะนำตนเอง และควบคุมตนเอง ในการเรียนรู้ เช่น นักเรียนจะเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเอง ตกลงกันเองให้เกิดความขัดแย้ง หรือมีความคิดเห็นต่าง ๆ เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน

6. ในการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ ครูจะมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิมคือ จากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ และควบคุมการเรียนรู้ เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือนักเรียนในการเรียนรู้คือ การจัดการเรียนรู้จะต้องเป็นจากการให้ความรู้

(Instruction) ไปเป็นการให้นักเรียนสร้างความรู้ (Construction) บทบาทของครูก็คือ จะต้องทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่นักเรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของนักเรียน ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางที่ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียน และให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิชาการ และด้านสังคมแก่นักเรียน ดูแลให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหา และประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

7. ในด้านการประเมินผลการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นนี้ ขึ้นกับความสนใจ และการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของบุคคล ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะหลากหลาย ดังนั้น การประเมินผลจึงควรมีลักษณะที่ยืดหยุ่นไปในแต่ละบุคคล โดยใช้วิธีการหลากหลาย ซึ่งอาจเป็นการประเมินจากเพื่อน แฟ้มผลงาน (Portfolio) รวมทั้งการประเมินตนเองด้วย นอกจากนั้นการวัดผลจำเป็นต้องอาศัยบริบทจริงที่มีความซับซ้อนเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยบริบท กิจกรรม และงานที่เป็นจริง การวัดผลจะต้องใช้กิจกรรม หรืองานในบริบทจริงด้วย ซึ่งในกรณีที่จำเป็นต้องจำลองของจริงมาก็สามารถทำได้แต่เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกของความเป็นจริง (Real world criteria) ด้วย

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎี Constructivst ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์ และวิก็อทสกี้ โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเครื่องมือ ซึ่งครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ รวมถึงเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นระบบมีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะและค้นหาสิ่งต่าง ๆ แล้วทำความเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้อย่างราบรื่นเหมาะสม เน้นให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน และช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้รับการพัฒนามาเป็นลำดับ ดังนี้

คาร์ปลัซ (Karplus อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ในช่วงปี ค.ศ. 1960 Robert Karplus และคณะทำงานจาก Science Curriculum Improvement Study; SCIS ได้เสนอวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

2. ขั้นแนะนำแนวคิด เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุยปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือผู้สอน หรือจากการอ่านหนังสือเรียน

3. ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่

บาร์แมน (Barman, 1992 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556) ได้พัฒนาวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการกระตุ้นความไม่สมดุลความคิดของผู้เรียน และช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด

2. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญน้อยลง โดยจุดมุ่งหมายของระยะนี้คือ ครูและนักเรียนร่วมมือกันสร้างแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน

3. ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion Phase) เป็นขั้นที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญให้มากที่สุด และเป็นขั้นที่จะช่วยกระตุ้นความร่วมมือภายในกลุ่ม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่ได้มาจากการค้นพบ

4. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

โรเจอร์ ไบบี้ (Roger Bybee อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2560) นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study) หรือที่รู้จักกันในนาม BSCS ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มเรื่องที่น่าสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและให้นักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้ประเด็นที่

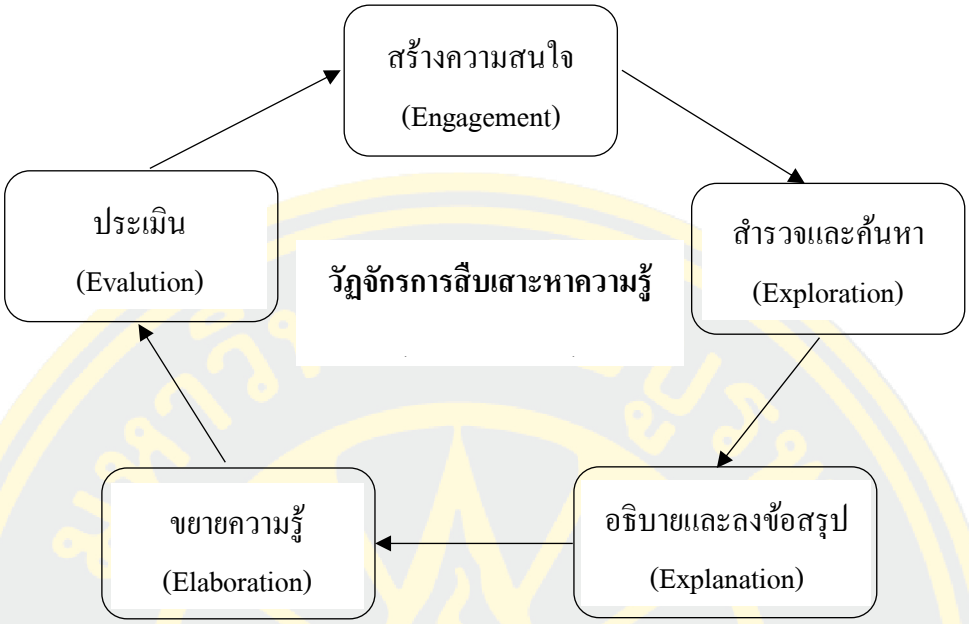
ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ต้องมีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจ ค้นคว้าอย่างเพียงพอแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป วาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับสมมุติฐานที่ตั้งที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยง กับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือทำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น รวมทั้งครูควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด มีทักษะและกระบวนการเพิ่มขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด ครูจะต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง ข้อสรุปที่ได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ดังแผนภูมิภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ของ BSCS (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2560)

ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย (2556) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการขยายกรอบแนวคิดจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น ขั้นที่เพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่มีความจำเป็น สำหรับการสอนที่ดีเป้าหมายที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจและตื่นเต้นกับการเรียนสามารถสร้างความรู้อย่างมีความหมายได้ การตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนรู้ ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้มาให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิต

ประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์เดิมที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียนบ้าง และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนเรื่องที่น่าสนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งได้เรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูลสำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

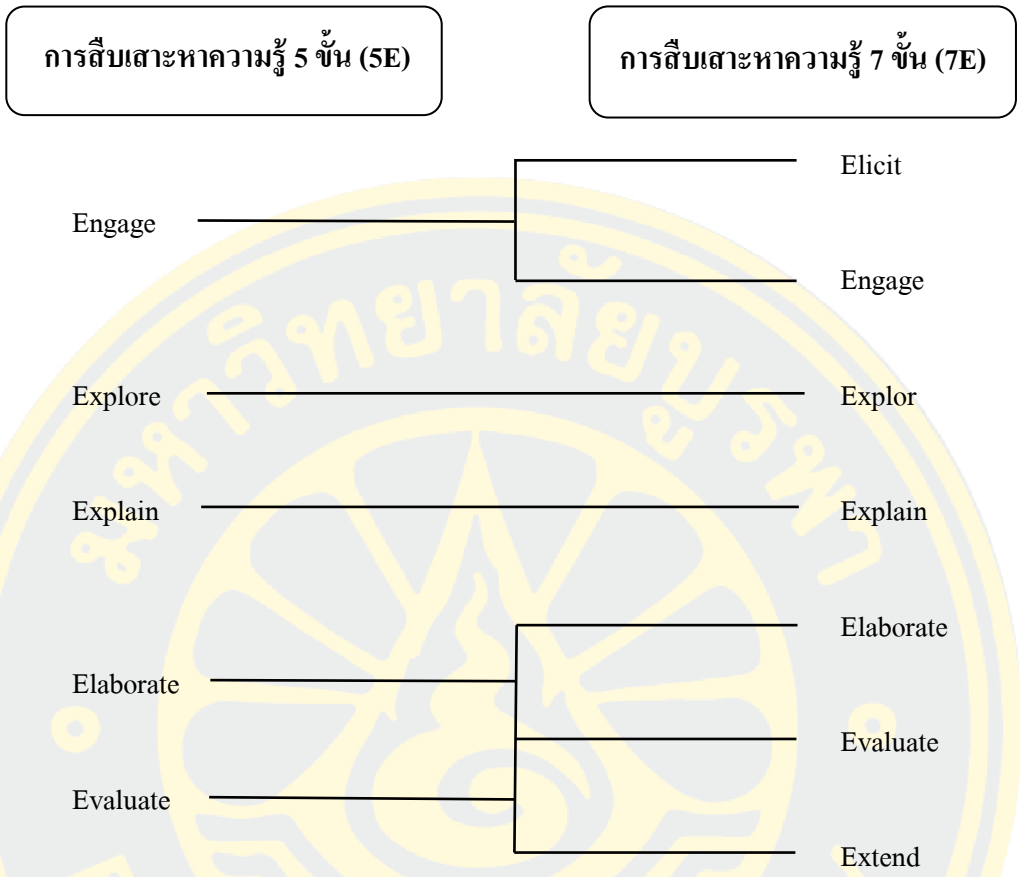
4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลองตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างความองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ให้เรียนมีความรู้มากขึ้นและขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

จากการขยายกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น ตามแนวคิดของ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ซึ่งขั้นที่เพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) และขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) แสดงดังภาพที่ 3 การปรับขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น ดังนี้



ภาพที่ 3 การปรับขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น (Eisenkraft, 2003 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ การตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนจะช่วยให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามแนวคิดของ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพราะเป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)

ศศิธร เวียงวะลัย (2556) ได้อธิบายบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) (ศศิธร เวียงวะลัย 2556, หน้า 158-160)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitaion phase)	- ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้	- ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ครูกับนักเรียนอภิปรายร่วมกันและนักเรียนกับนักเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase)	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ดึงคำตอบที่ยังไม่ชัดเจนนักมาคิดและอภิปรายร่วมกัน	- ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระหายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด - นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจ - อภิปรายประเด็นที่ต้องการรู้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - ซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจ ค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะแนวทางนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ส่งเสริมให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้ - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ - มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์
4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง	- อธิบายการแก้ปัญหา - รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่สังเกต - ให้นักเรียนอธิบายให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ได้ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	- ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบอธิบาย
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการที่เรียนรู้มาไปปรับใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย	- นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกผลการสังเกตและข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้	
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิดในประเด็นต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้	- ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยาน หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ประเมินผลตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase)	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นความองค์ความรู้ใหม่	- นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรมในการนำความรู้ไปปรับใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอน	ในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูมีหน้าที่คอยชี้แนะ ช่วยเหลือ เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน และช่วยจัดสถานการณ์สร้างความสนใจของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการคิด การตรวจสอบ การค้นหาคำตอบ ในการจัดการเรียนรู้นั้น ครูจะต้องจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจะส่งผลให้การจัดการเรียนรู้นั้นบรรลุตามจุดมุ่งหมายตั้งไว้

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึง ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545) ได้กล่าวถึง ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ

2. การค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

3. ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นานและสามารถถ่ายโอนความรู้ได้

5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนมีความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

6. ช่วยพัฒนาอัตมโนทัศน์แก่ผู้เรียน

7. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะต้องสำเร็จด้วยตนเองสามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

8. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2560) ได้กล่าวถึง ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สำรวจ ค้นหา รวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักอธิบายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

3. ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้และทักษะ

4. ผู้เรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึง ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545) ได้กล่าวถึง ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอ่านได้เนื้อหาไม่ครบตามที่กำหนดไว้

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตามจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอจะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีการสอนแบบนี้ได้

4. เป็นการลงทุนสูงซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้องอาจทำให้นักเรียนหลีกเลี่ยงงานซึ่งไม่เกิดการเรียนรู้

6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน

7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญาอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบนี้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2560) ได้กล่าวถึง ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนนั้น ผู้สอนจะต้องรู้จักปรับเปลี่ยนบทบาทของตนไปตามขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้น ซึ่งผู้สอนจะต้องมีการเตรียมการสอนเป็นอย่างดี

2. ผู้สอนจะต้องมีวิธีการกระตุ้นความสนใจหรือเร้าความสนใจของผู้เรียนด้วยวิธีการที่เหมาะสม จึงจะสามารถทำให้ผู้เรียนสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เรียน

3. ในกรณีที่ผู้เรียนยังสับสนไม่เข้าใจเรื่องที่ศึกษา หรือการพัฒนาความเข้าใจรวบยอด ผู้สอนจะต้องใช้เทคนิควิธีการที่เหมาะสมให้ผู้เรียนเกิดความกระจ่างชัด

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทางด้านความคิด การลงมือแก้ปัญหา และการศึกษาค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตนเองตามความสามารถของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำความรู้นั้นได้ยาวนานยิ่งขึ้น และสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ส่วนข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้

แบบสืบเสาะหาความรู้นั้น คือ ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งอาจใช้ระยะเวลามาก ทำให้บางครั้งการจัดการเรียนการสอนอาจจะได้เนื้อหาไม่ครบตามที่กำหนดไว้ ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัยหรือไม่ชวนติดตามจะทำให้นักเรียนเกิดการเบื่อหน่ายและไม่อยากเรียน ดังนั้น ครูจะต้องเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้อย่างเหมาะสม และจัดเตรียมสถานการณ์ที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

Morton 1953 อ้างถึงใน แสงเดือน เจริญฉิม (2552) กล่าวว่า การทำโจทย์ปัญหาผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ตามสถานการณ์ ในโจทย์ปัญหานั้น ๆ นอกจากนี้จะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นและเล็งเห็นกระบวนการที่จะได้มาซึ่งคำตอบการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะเป็นการใช้ความคิดมากกว่าการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

Poya 1957 อ้างถึงใน แสงเดือน เจริญฉิม (2552) กล่าวว่า การแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความคิด ความรู้ วิธีการ ประสบการณ์ และขั้นตอนการศึกษาของปัญหา

จากการศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาพบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยจึงขอเสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักการศึกษามี ดังนี้

ราคินต์และบรากเกต (Larkin, 1976) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นอธิบายปัญหา (Description) เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและหาสิ่งที่เป็นปัญหาจริง ๆ ที่โจทย์ต้องการคำตอบซึ่งคำตอบอาจทำให้เราเกิดความสับสนได้ ดังนั้น เราต้องพยายามแปลความหมายโจทย์อกมาให้อยู่รูปสัญลักษณ์

2. ขั้นการวางแผน (Planning) เป็นขั้นที่ทำการเลือกหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

3. ขั้นการตรวจสอบ (Checking) เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์โจทย์

เฮสเทนต์ (Hestenes, 1987) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์กลศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นอธิบายปัญหา (Description) โดยในขั้นนี้มีส่วนประกอบของการอธิบายบรรยายบอกลักษณะที่สำคัญในการทำโจทย์ปัญหาอยู่ 3 ประการ คือ การบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่

แทนตัวโจทย์ปัญหา บรรยายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนอัตรากิริยาที่กระทำต่อกัน รวมไปถึงการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram)

2. ขั้นวางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation) เป็นขั้นที่เกี่ยวกับการนำกฎ สูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์มาใช้ รวมถึงการกำหนดสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรง สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อที่จะได้ทำการหาคำตอบ

3. ขั้นการหาผลลัพธ์ (Ramification) เป็นขั้นถัดมาที่ทำการใช้สูตรทางฟิสิกส์ เพื่อค้นหาคำตอบออกมา

4. ขั้นการตรวจสอบ (Validation) เป็นการประเมินการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความเป็นไปได้ สมเหตุสมผลหรือไม่

เชอคูริ (Chekuri, 1996) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the Problem) ในขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาว่าโจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์ถามหา

2. ขั้นสร้างและวางแผนแก้ปัญหา (Reconstructing and Planning) เป็นขั้นในการสร้างภาพแทนปัญหาโจทย์ และเขียนองค์ประกอบทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพองค์ประกอบของแรงและวางแผนในการแก้ปัญหาโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการของฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

3. ขั้นจำแนกวิธีการที่หลากหลาย (Identifying Mulitple Methods) เป็นขั้นตอนในการระบุกฎเกณฑ์ หลักการ สูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎของสเนลล์ เป็นต้น ซึ่งในขั้นนี้สามารถสรุปเป็นย่อย ๆ ได้ดังนี้

3.1 ขั้นคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the Best Method and Solving) เป็นขั้นตอนที่เลือกสมการที่เหมาะต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำการระบุสมการที่นำมาใช้และทำการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

3.2 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Checking the Results) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยอาจจะนำเทคนิคการตรวจสอบหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ มาวิเคราะห์ตรวจสอบ

3.3 ขั้นการอธิบายคำตอบ (Explaining the Results) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่เป็นการให้ความหมายของคำที่เกิดจากการคำนวณออกมาในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวโยงกับหลักการทางฟิสิกส์

ดิ้งค์ และฮาร์แคมป์ (Ding, 2007) กล่าวถึง ลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสำรวจปัญหา (Survey the Problem) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอ่านปัญหาโจทย์แล้วตีความว่าสิ่งใดบ้างรู้ สิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ของปัญหา และกำหนดวิธีการ หลักการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และประโยชน์สำหรับในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหา เช่น แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2. ขั้นประมวลความรู้ (Systematize the Knowledge) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแปลความจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ไปสู่การอธิบายด้วยวิธีการสร้างไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา และสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาได้ การเลือกใช้สูตรต่าง ๆ อาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มนักเรียนในการเลือกตัดสินใจได้

3. ขั้นวางแผนในการแก้ปัญหา (Plan the Solution) หลังจากที่นักเรียนมีคำอธิบายวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา แล้วผู้เรียนทุกคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนนี้ควรจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในสมการและการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ ของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นผู้เรียนแลกเปลี่ยน พูดคุยในแผนที่วางไว้ เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งการเปรียบเทียบการวางแผนแก้ปัญหาก็จะทำให้นักเรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาเดียวกันนั้นได้หลากหลายวิธี

4. ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้โดยการคำนวณตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2 จนกระทั่งได้คำตอบ

5. ขั้นการตรวจสอบคำตอบ (Validation the Answer) เป็นขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยคำตอบของผู้เรียนที่ได้อาจจะตรงกัน หรือแตกต่างกันได้ ถ้าคำตอบตรงกัน ก็จะมีการให้นักเรียนอธิบายและตรวจสอบ ว่าวิธีการได้มาของคำตอบที่ถูกต้อง แต่ถ้าหากคำตอบที่ได้ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะตรวจสอบว่าวิธีการใดถูกต้องและสมบูรณ์

เฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ (Heller, 2010) กล่าวถึง วิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นขั้นตอนที่จะต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจน โดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดงรายละเอียดของโจทย์ปัญหาว่า มีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร เหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับอะไร และจะดำเนินการต่อไปอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่าง

หยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบ รวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา และสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Discrete the physics) ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพ เพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณ โดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพ และเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้ เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้น โดยลักษณะของแผนภาพที่ต้องเขียนให้สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพที่เกี่ยวกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำซึ่งแผนภาพที่ดีจะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) ในขั้นตอนนี้จะต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่นำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาค่าของตัวแปรที่ทราบค่า เป็นขั้นตอนการแปลความหมายทางฟิสิกส์ โดยการวางแผนเพื่อการหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะต้องอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกระทั่งสามารถหาตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้

3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) ขั้นตอนนี้จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่วางไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่อยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่ โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้

5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่

5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

จากการศึกษาเอกสารของนักการศึกษาแต่ละท่านที่เกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์พบว่า นักศึกษาได้คิดค้นและพัฒนาขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์กันมาอย่างต่อเนื่องนักทางฟิสิกส์ศึกษา ได้แก่ ราคินต์และบรากเกต (Larkin, 1976) เฮสเทนต์ (Hestenes, 1987) เชอคูริ (Chekuri, 1996) ดิ้งค์และฮาร์แคมป์ (Ding, 2007)และ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller & Heller, 2010) ซึ่งจะเห็นได้ว่า นักฟิสิกส์ศึกษามีแนวคิดขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน แต่มีการแจกแจงเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไปซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นลำดับขั้นตอน จึงจะช่วยให้นักเรียนนั้นสามารถแก้โจทย์

ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องและจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สูงขึ้น

จากขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักฟิสิกส์ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาแต่ละท่านมาวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จึงได้เป็นขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ดังตารางที่ 4

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาและตามแนวคิดที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา					ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น
ราดินต์และบรากเกต (Larkin and Brackett, 1976)	**เฮสเทนต์ (Hestenes, 1987)**	**เชอคูริ (Chekuri, 1996)**	**ดิ้งค์และฮาร์แคมป์ (Ding and Haskamp, 2007)**	**เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller and Heller, 2010)**	
1. ขั้นอธิบายปัญหา	1. ขั้นอธิบายปัญหา	1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	1. ขั้นการสำรวจปัญหา	1. ขั้นพิจารณาปัญหา	1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา
2. ขั้นการวางแผน	2. ขั้นวางแผนกำหนดสูตรที่ใช้	2. ขั้นสร้างและวางแผนแก้ปัญหา	2. ขั้นประมวลความรู้	2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์	2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา
		3. ขั้นคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	3. ขั้นวางแผนในการแก้ปัญหา	3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	
3. ขั้นการตรวจสอบ	3. ขั้นการหาผลลัพธ์	4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ	4. ขั้นดำเนินการทำตามแผน	4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้	3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
	4. ขั้นการตรวจสอบ	5. ขั้นการอธิบายคำตอบ	5. ขั้นการตรวจสอบคำตอบ	5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ

จากการสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้น ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ซึ่งขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาจากนั้นพิจารณาดูว่า โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพตามที่โจทย์ระบุ รวบรวมสูตร สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นหาวิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหาตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนไว้ โดยดำเนินการแสดงวิธีหาคำตอบ จากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุคำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้สมการว่าถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ และหน่วยของคำตอบมีความถูกต้องหรือไม่

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) และเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปตามแนวคิดของไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ซึ่งจะนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งจะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้สูงขึ้น โดยผู้วิจัยได้นำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าวเข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัด

การเรียนรู้ในขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase)และขั้นประเมินผล (Evaluation phase) โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้เป็นดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์เดิมที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียนบ้าง และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนเรื่องที่น่าสนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งได้เรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูลสำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลองตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างความองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้อง

กับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ โดยครูควรจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์เพื่อให้เรียนมีความรู้มากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม โดยการเสริมเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้แก่นักเรียน ครูจะแสดงตัวอย่างวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และร่วมกันอภิปรายกับนักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาตามตัวอย่างซึ่งจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาจากนั้นพิจารณาดูว่า โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

5.2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพตามที่โจทย์ระบุ รวบรวมสูตร สมการที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นหาวิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

5.3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหาตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนไว้ โดยดำเนินการแสดงวิธีหาคำตอบจากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุคำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

5.4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้สมการว่าถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ และหน่วยของคำตอบมีความถูกต้องหรือไม่

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งดูได้จากการให้นักเรียนได้ฝึกทำแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase)

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

สรุปแผนภาพการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปตามแนวคิดของ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน นำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอนโดยผู้วิจัยได้นำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าว เข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) และขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังแผนภาพที่ 4

ภาพที่ 4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้สอนทราบว่านักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่และให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่นักเรียนได้รับจากกระบวนการเรียนการสอน

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์และสุวิทย์ หิรัณยกาณฑ์ (2548) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จที่ได้รับจากความสามารถ ความรู้และทักษะ หรือผลของการเรียนการสอน หรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ

ปราณี กองจินดา (2549) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา

ราชบัณฑิตยสถาน (2555) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่วัดหรือเทียบจากเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แบบทดสอบหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ใช้วัดความรู้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ความสามารถของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของนักเรียนในช่วงเวลานั้น ๆ ว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดผลและประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนที่พึงประสงค์ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถของสมองที่เก็บสะสมเรื่องราวต่าง ๆ หรือประสบการณ์ทั้งปวงที่ตนได้รับมาและสามารถระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ความสามารถในการแปลงความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางด้านการสังเกต การจำแนก การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

Bloom 1956 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้จำแนกประเภทของวัตถุประสงค์ทางการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านเจตคติ และด้านทักษะพิสัย

1. ด้านพุทธิพิสัย เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ การใช้ความคิด เป็นการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญา การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยแบ่งเป็น 6 ขั้น ซึ่งเรียงลำดับจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูง ดังนี้

1.1 ความรู้ เป็นความสามารถในการรับรู้และจำเรื่องต่าง ๆ อาจจำแนกย่อยได้เป็นความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์เทอมเฉพาะ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความรู้ในแบบแผนข้อตกลงลำดับขั้นตอนและแนวโน้ม การจัดประเภท เกณฑ์ และเทคนิควิธีการ

1.2 ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการแปลความ การตีความ การขยายความ สรุปอ้างอิง อธิบาย บรรยายในเรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ

1.3 การนำไปใช้ เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎเกณฑ์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 การวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการแยกแยะความรู้ต่าง ๆ เป็นการหาองค์ประกอบย่อย จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ข้อมูลย่อย ๆ เหล่านั้นและหาหลักการของความรู้นั้นได้

1.5 การสังเคราะห์ เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน การสังเคราะห์แบ่งออกได้เป็น การสังเคราะห์เป็นแผนงานหรือกิจกรรมที่จะปฏิบัติ การสังเคราะห์เป็นนามธรรม หรือการสร้างหลักการทฤษฎีต่าง ๆ

1.6 การประเมินค่า เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป โดยยึดถือเกณฑ์เป็นหลัก

2. ด้านเจตคติ เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ คุณธรรม หรือค่านิยม ความซาบซึ้ง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ทางด้านความรู้สึก การเรียนรู้ด้านเจตคติแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนซึ่งเรียงลำดับจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูง ดังนี้

2.1 การรับรู้สิ่งเร้า คือ การที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แล้วเกิดความสนใจและรับรู้สิ่งแวดล้อมนั้น โดยที่ผู้เรียนมีความรู้ตัว ตั้งใจ รับรู้ หรือตั้งใจที่ถูกควบคุมให้รับรู้

2.2 การตอบสนอง เมื่อผู้เรียนได้รับรู้สิ่งแวดล้อม ผู้เรียนเริ่มมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมที่รับเข้ามา มีความตั้งใจที่จะตอบสนอง มีความพึงพอใจในการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมนั้น

2.3 การสร้างค่านิยม เมื่อผู้เรียนได้รับรู้และมีปฏิกิริยาโต้ตอบแล้ว ต่อมาเป็นการสร้างค่านิยม คือ การยอมรับคุณค่าของสิ่งนั้น มีความพึงพอใจในคุณค่าของสิ่งนั้น และมีความแน่ใจผูกพันในค่านิยมนั้น

2.4 การจัดระบบค่านิยม เมื่อผู้เรียนได้สร้างค่านิยมแล้ว ผู้เรียนจะพิจารณาจัดรวบรวมค่านิยมเหล่านั้นที่มีความสัมพันธ์กันเป็นหมวดหมู่เดียวกัน และจัดเป็นระบบค่านิยม

2.5 การสร้างลักษณะนิสัยตามค่านิยม เป็นการผสมผสานค่านิยมที่สร้างขึ้นจนเป็นลักษณะนิสัยเฉพาะของแต่ละบุคคลจนกลายเป็นความประพฤติ บุคลิกภาพ อุดมคติของชีวิต

3. ด้านทักษะพิสัย เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับการกระทำอย่างมีทักษะในการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ มีความสามารถในการใช้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายปฏิบัติงาน การเรียนรู้ด้านการปฏิบัติแบ่งออกเป็น 7 ขั้น ซึ่งเรียงลำดับจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูงดังนี้

3.1 การรับรู้ เป็นขั้นแรกของการเริ่มกิจกรรมใดก็ตาม เป็นการรับรู้โดยการกระตุ้นต่อโสตประสาทความรู้สึกอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ การได้ยินทางหู การเกิดภาพในสมองทางตา การสัมผัสทางมือ การกระตุ้นให้ได้รถทางลิ้น การกระตุ้นให้ในกลิ่นทางจมูก การกระตุ้นทางกล้ามเนื้อ เป็นการตัดสินว่าจะจะเลือกสิ่งเร้าใดที่จะตอบสนอง เป็นการแปลความเกี่ยวข้องของสิ่งเร้าและแสดงอาการตอบสนอง

3.2 การเตรียมความพร้อมปฏิบัติ เป็นการเตรียมการปรับตัวทั้งทางร่างกาย สมองและอารมณ์ให้พร้อมที่จะทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง การพร้อมทางสมองเป็นการพร้อมในเชิงความคิดที่ต้องมีมาก่อน อาศัยความรู้ที่มีมาก่อนประกอบด้วยการพร้อมทางร่างกาย เป็นการจัดท่าทางของร่างกายให้พร้อม และการพร้อมทางอารมณ์เป็นการปรับเจตคติให้เกิดความตั้งใจตอบสนอง

3.3 การตอบสนองตามแนวทางที่ให้ เป็นการแสดงพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนภายใต้คำแนะนำของครูผู้สอน จำแนกเป็นการเลียนแบบและการลองผิดลองถูก การเลียนแบบเป็นการตอบสนองตามแบบที่ให้ เช่น การแสดงให้ดูแล้วให้ทำตาม การลองผิดลองถูกเป็นความพยายามที่จะตอบสนองในรูปแบบต่าง ๆ

3.4 กลไกในการปฏิบัติ เป็นการสร้างระบบ วิธีการ จากประสบการณ์ความรู้ที่สะสมไว้เป็นการแสดงออกที่เกิดจากการเรียนรู้จนเป็นนิสัย ผู้เรียนมีความมั่นใจและมีความชำนานพอที่จะปฏิบัติงานนั้น ๆ ได้

3.5 การตอบสนองที่ซับซ้อน เป็นการแสดงออกที่อาศัยทักษะมาก เพื่อให้สามารถแสดงออกอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ เป็นการตอบสนองโดยไม่ลังเลใจแบบอัตโนมัติ คือ ใช้เวลาและพลังงานน้อยที่สุด

3.6 การดัดแปลงให้เหมาะสม เป็นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการเคลื่อนไหวทางร่างกายทางสมอง ให้สอดคล้องกับความต้องการในปัญหาแบบใหม่

3.7 การริเริ่มสิ่งใหม่ เป็นการริเริ่มรูปแบบการฉันไหวใหม่ ๆ ที่เหมาะกับสถานการณ์เฉพาะอย่างหรือปัญหาเฉพาะอย่างโดยไม่เคยทำมาก่อน

แอนเดอร์สันและคราธวอห์ล Anderson & Krathwohl อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้ปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม เป็นอนุกรมวิธาน การเรียน การสอน และการประเมิน (A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessment) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom’s Taxonomy) โดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูม จากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัย ซึ่งแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้ว สามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบายสื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผัง

ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมา

ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Critisize) ตรวจสอบ (Checking)

ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating)

แอนเดอร์สันและคราธวอห์ล (Anderson & Krathwohl 2001) แบ่งลักษณะของความรู้ (Knowledge Dimension) ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. ความรู้เกี่ยวกับความเป็นจริง (Factual knowledge) หมายถึง ความรู้ในสิ่งที่เป็นจริงอยู่ เช่น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ และความรู้ในสิ่งเฉพาะต่างๆ

2. ความรู้ในเชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) หมายถึง ความรู้ที่มีความซับซ้อน มีการจัดหมวดหมู่เป็นกลุ่มของความรู้ และโครงสร้างของความรู้

3. ความรู้ในเชิงวิธีการ (Procedural knowledge) หมายถึง ความรู้ว่าสิ่งนั้น ๆ ทำได้อย่างไร ซึ่งรวมถึงความรู้ที่เป็นทักษะ เทคนิค และวิธีการ

4. ความรู้เชิงอภิปริชาญ (Metacognitive knowledge) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเรื่องทางปัญญาของผู้เรียนเอง คือความรู้ที่ผู้เรียนจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวางแผนและการแก้ปัญหาไปจนถึงการประเมิน

คลอปเฟอร์ Leopold E. Klopfer อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ศึกษาวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม แล้วนำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ทั้งเนื้อหาที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน วัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มี ดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and Comprehension) ความรู้และความเข้าใจวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนอาจได้มาจากกระบวนการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็นความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจวิทยาศาสตร์

1.1 ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง เนื้อหาที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 9 ประเภท คือ

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อเท็จจริง เป็นความจริงเฉพาะที่เล็กที่สุดของความรู้ซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรง และทดสอบซ้ำแล้วได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เป็นคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์หรือคำนิยามศัพท์ที่ถูกกำหนดไว้

1.1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติ หรือความคิดรวบยอด คือ การนำความจริงเฉพาะหลายข้อที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมกันเกิดเป็นรูปแบบใหม่

1.1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง ข้อตกลง หมายถึง ข้อตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ ในการใช้อักษรย่อ สัญลักษณ์ และเครื่องหมายต่าง ๆ แทนคำพูดเฉพาะ

1.1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอน ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบางอย่างมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเป็นวงจรชีวิตซึ่งทำให้สามารถบอกลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆได้ถูกต้อง หรือในการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ก็จะมีลำดับขั้นตอน

1.1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท จัดประเภทและเกณฑ์ ในการแบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นประเภทนั้น ต้องมีเกณฑ์เป็นมาตรฐานในการแบ่ง ผู้เรียนต้องบอกหมวดหมู่ของสิ่งของหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ตามที่นักวิทยาศาสตร์กำหนดไว้และสามารถจดจำลักษณะหรือคุณสมบัติซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ได้

1.1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายใช้กันอยู่มีมากมายหลายวิธี ซึ่งเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์นี้เน้นเฉพาะความสามารถที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เท่านั้น เป็นความรู้ที่ได้รับมาจากการบอกเล่าของครูหรือจากการอ่านหนังสือ ไม่ใช่ความรู้ที่ได้มาจากกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้

1.1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ หลักการ เป็นความจริงที่ใช้เป็นหลักอ้างอิง ได้จากการนำมโนมติหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันเป็นรูปแบบใหม่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนกฎวิทยาศาสตร์ คือ หลักการที่เน้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล

1.1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎี หมายถึง ข้อความที่ใช้อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นแนวคิดหลักที่ใช้อธิบายได้อย่างกว้างขวางในวิชานั้น ๆ

1.2 ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ เป็นการใช้ความคิดที่สูงกว่าความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1 การนำความรู้ไปใช้ในสิ่งใหม่ มีความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ คือ สามารถบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากรูปแบบที่เคยเรียนมา

1.2.2 การแปลความหมายของความรู้ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของอีกสัญลักษณ์หนึ่ง จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนมติ หลักการและทฤษฎี ที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมถึงการมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการศึกษาเรื่องราวของธรรมชาติและสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ ขึ้นมา ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์มี ดังนี้

2.1 การสังเกตและการวัด การสังเกตเป็นการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าเข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยตรง ซึ่งถ้าใช้การสังเกตเพียงอย่างเดียวก็จะไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องแน่นอนได้ ต้องใช้ทั้งการสังเกตและการวัดควบคู่กันไป

2.2 การมองเห็นปัญหาและหาทางที่จะแก้ไขปัญหา การสังเกตและการวัดจะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหาต่าง ๆ และหาทางที่จะแก้ไขปัญหานั้น

2.3 การตีความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป ข้อมูลผู้เรียนได้จากการทดลองนั้นเป็นการบันทึกผลการสังเกตและการวัดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นจะต้องถูกจัดกระทำต่อไป เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณค่าสูงขึ้นในการศึกษาเรื่องนั้น ๆ

2.4 การสร้าง ทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าไปทำให้ได้ข้อสังเกตและความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทั้งหลายเพิ่มพูนขึ้นเป็นลำดับ ทำให้ได้กฎเกณฑ์ หลักการและข้อสรุปต่าง ๆ มากขึ้น แต่ในบางครั้งหลักการเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษายังไม่ได้กำหนดชัดเจน หรือบางครั้งผลการศึกษาค้นคว้าใหม่ขัดกับข้อสูตรเดิม ทำให้ผู้เรียนจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทฤษฎีที่เข้ากันกับข้อเท็จจริงและหลักการต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบข่ายของเรื่องที่ศึกษา แบบจำลองทฤษฎีที่ได้นั้นต้องสามารถที่จะใช้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและหลักการเหล่านั้นได้

3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้นั้นคือ การที่ผู้เรียนใช้ความรู้หรือวิธีการเพื่อจัดการกับปัญหาไม่ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน แต่ถ้าเป็นการแก้ปัญหาที่เคยพบหรือทำมาแล้วจะเป็นแค่เพียงความจำไม่ใช่การนำไปใช้ ซึ่งผู้เรียนควรฝึกการแก้ปัญหา 3 ประการ ดังนี้

3.1 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน

3.2 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น

3.3 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนต้องทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหา จึงจำเป็นต้องฝึกให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และทักษะในการติดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดลอง เพื่อให้เกิดความคล่องแคล่วในการปฏิบัติ ไม่ทำให้เครื่องมือที่ใช้สำหรับรุดเสียหายไม่เป็นอันตรายต่อตนเองและผู้อื่น

5. เจตคติและความสนใจ คือ ต้องการให้ผู้เรียนได้พัฒนาเกี่ยวกับเจตคติและความสนใจในวิทยาศาสตร์

6. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์ คือ ต้องการให้ผู้เรียนเกิดความประทับใจในวิทยาศาสตร์ เป็นผู้มีจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์และชักนำให้ผู้เรียนมีความสนใจในความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นการวัด 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านเจตคติ และด้านทักษะพิสัย ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ตามแนวคิดของแอนเดอร์สันและคราธวอห์ล ที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนในแต่ละระดับมาจากบลูมประกอบไปด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์

ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2541) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and pencil test) กับการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง (Performance test)

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหา สาระและตามจุดประสงค์ของวิชา หรือเนื้อหาที่สอนนั้นโดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนในโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ ความสามารถถึงระดับมาตรฐานที่ผู้สอนได้กำหนดไว้มาก

น้อยเพียงใด หรือมีความรู้ความสามารถถึงระดับใด หรือมีความรู้ความสามารถดีเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับคนอื่น ๆ ที่เรียนด้วยกัน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นั้นหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถ และความเข้าใจในบทเรียนมากน้อยเพียงใด

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัย ลักษณะที่สำคัญคือ การตอบของนักเรียนจะเป็นอย่างอิสระตามความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเอง นักเรียนจะต้องอ่านโจทย์คำถามแล้วคิดว่าจะตอบอย่างไร เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในการที่จะสร้างแนวคิด รวบรวมแนวคิดและเขียนแสดงออกของความคิดนั้น นักเรียนจะสามารถตอบได้อย่างเสรีตามความคิดเห็นของตน ข้อสอบอัตนัยมี 2 แบบ คือ ข้อสอบแบบจำกัดขอบเขตในการตอบ และข้อสอบแบบไม่จำกัดขอบเขตการตอบ

2. ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อคำถามที่ผู้ออกและตรวจข้อสอบเห็นพ้องตรงกันว่า คำถามชัดเจน มีความเข้าใจความหมายของคำถามตรงกัน คำตอบที่ถูกคืออะไร และการตรวจให้คะแนนจะเหมือนกัน ข้อสอบแบบปรนัยที่นิยมเลือกใช้ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบถูกผิดและข้อสอบแบบจับคู่

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบความเรียง (Essay test) มีจุดประสงค์วัดความสามารถในการบรรยาย อธิบายและแสดงเหตุผลตามความคิดเห็นของตน อาจกำหนดความยาวหรือให้เขียนตอบตามสบาย

ข้อดีของแบบทดสอบความเรียง

1. สามารถวัดกระบวนการคิด และความสามารถในการเขียน
2. วัดความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการประเมินค่าได้ดี
3. สามารถวัดเจตคติข้อคิดเห็นต่าง ๆ ได้ดี
4. มีความสะดวกและง่ายต่อการออกข้อสอบ
5. ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

ข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง

1. การให้คะแนนไม่แน่นอน คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ
2. ขาดความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพราะออกข้อสอบได้น้อยจึงไม่ครอบคลุมเนื้อหา
3. ตรวจให้คะแนนยาก เสียเวลามาก

2. แบบทดสอบเติมคำ (Completion test) เป็นการวัดความสามารถในการหาคำตอบหรือข้อความมาเติมลงในช่องว่างของประโยคที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยไม่มีคำตอบใดมาชี้นำก่อน นอกจากข้อความหรือประโยคที่ให้ไว้เท่านั้น โดยธรรมชาตินั้นจะเป็นการวัดด้านความจำแต่ก็สามารถวัดด้านความคิดได้

ข้อดีของแบบทดสอบเติมคำ

1. สร้างง่ายสะดวกและรวดเร็ว
2. โอกาสที่ตอบถูกโดยการเดามีน้อย
3. สามารถสร้างคำถามวัดในเรื่องหนึ่ง ๆ ได้หลายข้อ

ข้อจำกัดของแบบทดสอบเติมคำ

1. วัดพฤติกรรมความรู้-ความจา ซึ่งเป็นความรู้ขั้นต่ำ
2. ถ้าส่วนที่ต้องการเติมมีหลายเรื่องก็ไม่เหมาะที่จะสร้างข้อสอบประเภทนี้ เพราะการเว้นที่อาจเป็นการแนะคำตอบให้กับนักเรียนได้
3. ขาดความเป็นปรนัยในกรณีที่เขียนประโยคนำ

3. แบบทดสอบถูกผิด (True – False test) แบบทดสอบนี้วัดความสามารถในการพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จากความสามารถที่เรียนรู้มาแล้ว โดยทั่วไปจะเป็นการวัดความสามารถในด้านความจำ แต่ถ้าสามารถพลิกแพลงข้อความก็อาจวัดความคิดที่สูงขึ้นได้

ข้อดีของแบบทดสอบถูกผิด

1. ตรวจง่ายรวดเร็ว ยุติธรรม มีความเป็นปรนัย
2. สามารถวัดข้อเท็จจริงเกี่ยวกับความรู้ความจำได้ดี
3. สามารถสอบเนื้อหาวิชาได้มากกว่าข้อสอบแบบอื่นในเวลาที่เท่ากัน
4. สามารถพัฒนาเป็นแบบทดสอบเลือกตอบได้
5. ออกข้อสอบง่ายและได้จำนวนมากข้อแต่ผู้สอบใช้เวลาทำน้อย

ข้อจำกัดของแบบทดสอบถูกผิด

1. นักเรียนได้คะแนนง่าย เนื่องจากการเดามีค่อนข้างสูง
2. ไม่สามารถที่จะวินิจฉัยได้ว่าสาเหตุที่นักเรียนทำข้อสอบผิดเนื่องมาจากอะไร

3. มีความเชื่อมั่นต่ำ ดังนั้นควรออกข้อสอบไม่น้อยกว่า 50 ข้อ

4. ส่วนมากวัดได้เฉพาะพฤติกรรมความรู้-ความจำ

4. แบบทดสอบจับคู่ (Matching test) เป็นลักษณะของการวางข้อเท็จจริง เงื่อนไข คำ ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ไว้ทั้ง 2 ด้านขนานกัน เป็นแนวตั้ง ก. กับแนวนอน ข. แล้วให้อ่านดูข้อเท็จจริงในแนวตั้ง ก. ก่อน ต่อจากนั้นให้พิจารณาดูว่าจะไปเกี่ยวข้องจับคู่ได้พอดีกับข้อเท็จจริงไหนในแนวนอน ข. ที่กำหนดไว้

ข้อดีของแบบทดสอบจับคู่

1. สร้างง่ายและประหยัดเวลา

2. สามารถถามได้มากข้อในเวลาจำกัด

3. เหมาะสำหรับการวัดความจำ

4. ตรวจให้คะแนนสะดวกรวดเร็ว เพราะสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ตรวจได้

5. สามารถพัฒนาเป็นข้อสอบเลือกตอบแบบตัวเลือกคงที่ได้

ข้อจำกัดของแบบทดสอบจับคู่

1. เป็นการยากที่จะสร้างข้อคำถามให้เป็นเอกพันธ์กัน

2. วัดความสามารถชั้นสูงได้น้อย

3. ข้อสอบข้อท้าย ๆ มีโอกาสตอบถูกได้ง่าย

5. แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choices test) แบบทดสอบนี้จะมีคำถามหนึ่งคำถามและมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น แบบทดสอบนี้สามารถวัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่ต้องการทั้งหมด และเป็นข้อสอบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

ข้อดีของแบบทดสอบเลือกตอบ

1. วัดพฤติกรรมทางการศึกษาได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความจำไปจนถึงการประมาณค่า

2. เป็นข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนง่ายถูกต้องรวดเร็วและมีความเป็นปรนัย

3. สามารถควบคุมความยากง่ายของข้อสอบได้

4. เป็นข้อสอบที่ครูสามารถวินิจฉัยสาเหตุแห่งการทำข้อสอบผิดว่ามาจากสาเหตุอะไรบ้าง โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่าง ๆ จากกระดาษคำตอบ

5. มีความเชื่อมั่นสูง เพราะมีจำนวนข้อสอบมากและตอบถูกโดยการเดามีน้อย

6. สามารถใช้สัญลักษณ์ รูปภาพหรือกราฟมาเขียนข้อสอบได้

ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. สร้างข้อสอบให้ดี ทำได้ยาก และใช้เวลาในการสร้างนาน
2. ไม่เหมาะที่จะวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเสนอแนวคิด หรือทักษะการเขียน
3. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างข้อสอบ

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้
2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายที่แสดงถึงคุณภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

พิชิต ฤทธ์จรูญ (2548) ได้สรุปประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด และเจตคติที่ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้ตอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนกับแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบนี้ แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพและมีมาตรฐาน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามรถทางด้านวิชาการของนักเรียนแบ่งได้เป็น แบบทดสอบแบบอัตนัยและแบบทดสอบแบบปรนัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่ง

แบบทดสอบที่จัดทำขึ้นนี้มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่มีความชัดเจน สามารถแปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน มีความรวดเร็ว และยุติธรรม

การให้ระดับผลการเรียน

สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2557) ได้กำหนดการตัดสินเพื่อให้ระดับผลการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยใช้ตัวเลขแสดงผลการเรียนเป็น 8 ระดับ แนวการให้ระดับผลการเรียน 8 ระดับและความหมายของแต่ละระดับ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการให้ระดับผลการเรียน

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

จากการศึกษาผู้วิจัยได้ใช้หลักเกณฑ์ร้อยละ 70 มาเป็นเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับได้เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สามารถวิเคราะห์ได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังเรียน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งจะแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ อยู่ในระดับดี

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ความหมายของปัญหา

รศนา อัชชะกิจ (2539) ให้ความหมายของปัญหา หมายถึง เหตุการณ์ที่ยุ่งยากที่จะต้องแก้ไขหรือสภาวการณ์ที่ไม่พึงประสงค์หรือเหตุการณ์ที่เป็นไปไม่ตรงตามคาดหวังโดยไม่ทราบสาเหตุ รวมถึงการที่มนุษย์ไม่รู้จักวิธีทำอย่างไรจึงจะบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดและเหตุการณ์ในอนาคตที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นไปไม่ตรงตามประสงค์

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ให้ความหมายของปัญหา หมายถึงสถานการณ์ที่ต้องคิดแก้ไขปัญหาที่ได้มาจากการสังเคราะห์ความรู้ที่เคยเรียนรู้มาก่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ 3 สิ่ง คือ การยอมรับว่าเป็นปัญหาหรืออุปสรรคของจุดมุ่งหมาย อุปสรรคของปัญหาหรืออุปสรรคของจุดมุ่งหมาย และการแก้ปัญหาที่จะบรรลุจุดมุ่งหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2556) ให้ความหมายของปัญหา หมายถึง สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ปัญหา หมายถึง เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงานของมนุษย์ ที่ไม่สามารถทำให้งานนั้นบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ และไม่สามารถใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที

ความหมายของการแก้ปัญหา

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า การมองเห็นปัญหาและการหาทางที่จะแก้ปัญหาประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ คือ การยอมรับและมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐานการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสำหรับทดสอบสมมติฐาน

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่าเป็นกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบ พฤติกรรมต่าง ๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรง (มีผู้อบรมสั่งสอน) และทางอ้อม (เรียนรู้ด้วยตนเอง) มโนมติ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางสติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและจินตนาการเพื่อหาแนวทางปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้ การแก้ปัญหาเป็นการคิดไตรตรองอย่างพินิจพิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประเด็นสำคัญของ

เรื่องหรือสิ่งต่าง ๆ ที่สร้างความยุ่งยากสับสนและความวิตกกังวล และพยายามหาหนทางคลี่คลายสิ่งเหล่านั้น

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหานั้นเป็นกระบวนการใช้ความรู้ความคิดและประสบการณ์เพื่อหาทางออกของปัญหาซึ่งต้องอาศัยสติปัญญาจนสามารถทำให้ค้นพบทางออกของปัญหาเพื่อทำให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ใช้ในการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ โดยอาศัยความรู้ ความคิด ความเข้าใจ ประสบการณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล เพื่อหาทางออกปัญหาและบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้

ความสามารถในการแก้ปัญหา

สตอลล์เบิร์ก (Stollburg, 1986) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหานั้นไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและไม่เป็นไปตามลำดับขั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนย่อมจะรูปแบบเป็นของแต่ละคน และขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
2. วุฒิภาวะทางสมอง
3. สภาพการณ์ที่แตกต่างกัน
4. กิจกรรมและความสนใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อปัญหานั้น

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนนั้นจะแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความรู้ความสามารถ ความสนใจ ความพร้อม วุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ รวมถึงสภาพแวดล้อม

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานั้น เป็นความสามารถที่แต่ละคนจะมีไม่เหมือนกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความรู้ ความสามารถ ความสนใจ ประสบการณ์และสภาพแวดล้อม

ความหมายของโจทย์ปัญหา

พิพัฒน์ สอนพัลละ (2545) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่สร้างขึ้นในรูปแบบลักษณะต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยข้อความ หรือตัวเลข โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการคิด หาวิธีการทางคณิตศาสตร์และเทคนิคอื่น ๆ ประกอบกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่ต้องการ

สุนีย์ เงินยวง (2546) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบ ซึ่งอยู่ในรูปปริมาณหรือการอธิบายเหตุผล ซึ่งการหาคำตอบนั้นจะต้องใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์หลายอย่างมาประมวลเข้าด้วยกันจึงจะหาคำตอบได้

โสมภิลัย สุวรรณ์ (2554) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วยภาษาและตัวเลขที่จะก่อให้เกิดปัญหาขึ้น โดยผู้ที่จะหาทางแก้ปัญหานั้นจะต้องใช้ทักษะในการตีความโจทย์ปัญหาให้เป็นสัญลักษณ์ก่อน จะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรบ้างมาดำเนินการเพื่อหาคำตอบ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่สร้างขึ้นซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของปริมาณ ตัวเลข หรือการอธิบายเหตุผล โดยในการแก้โจทย์ปัญหานั้นจะต้องวิเคราะห์ข้อเท็จจริง ค้นหาวิธีการแก้ปัญหา พิจารณาความถูกต้อง โดยอาศัยความสมเหตุสมผลจากข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ทำการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ดังนั้นโจทย์ปัญหาในงานวิจัยนี้จึงหมายถึง สถานการณ์ของโจทย์ปัญหาที่ประกอบไปด้วยจำนวนตัวเลข และข้อความ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อใช้วัดความรู้ ความเข้าใจ ฝึกวิธีการคิด การวิเคราะห์ ที่เป็นกระบวนการในการค้าหาคำตอบ และประเมินจากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น

ประเภทของโจทย์ปัญหา

โพลยา (G. Polya, 1980) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นพบ เป็นปัญหาให้คนพบสิ่งที่ต้องการซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรม หรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาที่แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้นั้นเป็นจริงหรือเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐาน หรือสิ่งที่กำหนดให้ และผลสรุป หรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์

Charles (1982) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น

2. การแปลความหมายปัญหาอย่างง่าย เป็นปัญหาที่เคยพบมาก่อน เช่น ปัญหาในหนังสือ เป็นต้น

3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน คล้ายกับปัญหาอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน

4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันทีจะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้นก่อนลงมือทำ

5. ปัญหาการประยุกต์ เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้มโนทัศน์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ

6. ปัญหาปริศนา เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่มไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ

Reys Robert E & et al. (2004) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่คุ้นเคย เป็นปัญหาที่พบเห็นได้บ่อย ๆ ในหนังสือเรียน มีโครงสร้างของปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมากคล้ายกับตัวอย่างหรือปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีประสบการณ์ในการแก้มาแล้ว

2. ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและเป็นปัญหาแปลกใหม่สำหรับผู้แก้ปัญหา

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประเภทของโจทย์ปัญหานั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ปัญหาที่พบในหนังสือเรียน ซึ่งเป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบ หรือให้พิสูจน์ตาม กฎ นิยาม ทฤษฎี และปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนต้องอาศัยกลยุทธ์ และทักษะกระบวนการมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์จึงทำให้การแก้ปัญหานั้นประสบผลสำเร็จ

การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ลักษณะของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

คงนิตา เคยนิยมและสุวิมล จรูญโสตร์ (2553) กล่าวว่า ในการถามคำถามกับนักเรียนนั้น ครูควรใช้คำถามที่มิใช่ถามความจำ ความเข้าใจหรือคำถามที่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น แต่ควรเป็นคำถามแบบปลายเปิดที่นักเรียนต้องคิดกว้างและหลากหลายใช้ความคิดระดับสูงในการตอบคำถาม มีการนำข้อมูลความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ พัฒนาแนวคิดใหม่ประเมินความเหมาะสมและคิดสร้างสิ่งใหม่

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555) กล่าวว่า การประเมินทักษะและกระบวนการโดยใช้การทดสอบ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อสอบ ข้อสอบที่ใช้ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อสอบที่มีคำตอบไว้ให้แล้ว ผู้สอบต้องตัดสินเลือกคำตอบที่ถูกต้องหรือพิจารณาข้อความที่ให้ว่าถูกหรือผิด ซึ่งการวัดและประเมินผลโดยใช้ข้อสอบแบบปรนัยนั้นมุ่งวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหรือความรู้ ในเนื้อหาวิชาเป็นส่วนใหญ่แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการวัดทักษะและกระบวนการได้ โดยขึ้นอยู่กับคำถามหรือปัญหาที่ถาม ข้อสอบประเภทนี้สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1.1 ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 2 ตัวเลือก โดยมีข้อความให้นักเรียนเลือกตอบว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จริงหรือเท็จ เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย เป็นต้น

1.2 ข้อสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น ๆ เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเติมคำหรือข้อความสั้น ๆ ลงไปในช่องว่าง

1.3 ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อความเรียงกันเป็นแถวโดยทั่วไปจะให้ข้อความทางซ้ายมือเป็นคำถาม หรือตัวนำเรื่อง และข้อความทางขวามือเป็นคำตอบ หรือข้อเลือก นักเรียนจะต้องเลือกข้อความทางขวามือที่สอดคล้องหรือจับคู่กับข้อความทางซ้ายมือโดยนำเอาตัวเลขหรือตัวอักษรหน้าข้อความทางขวามือมาใส่ไว้หน้าข้อความทางซ้ายมือที่มีความสอดคล้องกัน

1.4 ข้อสอบแบบจัดลำดับ เป็นข้อสอบที่มักจะถามถึงขั้นตอนหรือลำดับของการพิสูจน์หรือการพิจารณาว่าการแก้โจทย์ปัญหาต้องทำอะไรก่อนหรือหลัง

1.5 ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบแบบปรนัยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการทดสอบของครูหรือในการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน เป็นข้อสอบที่คำถามแต่ละข้อมีตัวเลือกหลายตัวเลือกให้เลือก แต่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

2. ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นข้อสอบที่กำหนดปัญหาหรือคำถามมาให้แล้วให้ผู้ตอบแสดงความรู้ ความเข้าใจ และความคิด ตั้งแต่กว้างจนถึงแคบที่สุด หรือเฉพาะเจาะจงตามที่โจทย์กำหนด การใช้ภาษาในการเขียนตอบขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้สอบ ข้อสอบแบบอัตนัยสามารถวัดความสามารถของนักเรียนได้หลายด้านทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะ และกระบวนการ การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะช่วยให้ครูสามารถประเมินนักเรียนได้หลากหลายทักษะและหลากหลายมุมมอง เนื่องจากการเขียนของนักเรียนนอกจากจะสะท้อนความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ยังสะท้อนความรู้ วิธีคิด มโนทัศน์ และความสามารถในการสื่อสารอีกด้วย ดังนั้นครูควรประเมินแยกกันระหว่างความสามารถในการเขียนกับทักษะและกระบวนการ

การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะสามารถประเมินทักษะและกระบวนการได้มากกว่าการใช้ข้อสอบแบบปรนัย เนื่องจากครูสามารถถามในพฤติกรรมนั้นได้โดยตรง เช่น ถ้าต้องการถามเกี่ยวกับการให้เหตุผล อาจถามว่า “เพราะเหตุใด” “ทำไมจึงเป็นเช่นนี้” หรือถ้าต้องการให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงครูอาจใช้คำถามว่า “เราเคยเห็นคำถามแบบนี้ที่ไหนหรือไม่” “แนวคิดเหล่านี้สัมพันธ์กันอย่างไร” แต่อย่างไรก็ตามครูควรมีการคิดแนวทางของคำตอบไว้ล่วงหน้าและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนสำหรับการประเมินคำตอบของนักเรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบที่นำมาใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัย และแบบทดสอบแบบอัตนัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นแบบอัตนัย ต้องการที่จะตรวจสอบดูว่านักเรียนมีข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในส่วนใดบ้าง

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

รีส์ ซุยแดม และลินควิสท์ (Reys Suydum & Lindquist, 1995) ได้กำหนดรูบริคของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยที่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา จะให้คะแนนตั้งแต่ 0 – 2 คะแนน รายละเอียดดังนี้

1. ด้านความสนใจ
   - 0 หมายถึง ไม่เข้าใจในปัญหาเลย
   - 1 หมายถึง เข้าใจปัญหาบางส่วนหรือแปลความหมายบางส่วนคลาดเคลื่อน
   - 2 หมายถึง เข้าใจปัญหาได้ดี ครบถ้วนสมบูรณ์
2. ด้านวางแผนการแก้ปัญหา
   - 0 หมายถึง ไม่พยายามหรือวางแผนได้ไม่เหมาะสมทั้งหมด
   - 1 หมายถึง วางแผนได้ถูกต้องบางส่วน
   - 2 หมายถึง วางแผนเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
3. ด้านคำตอบ
   - 0 หมายถึง ไม่ตอบหรือตอบผิดในส่วนที่วางแผนไม่เหมาะสม
   - 1 หมายถึง คัดลอกผิดพลาด คำนวณพลาด ตอบบางส่วนสำหรับปัญหาที่มีหลายคำตอบ
   - 2 หมายถึง ตอบได้ถูกต้องและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

อัมพร ม้าคนอง (2546) กล่าวว่า การให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอนจะช่วยให้ครูทราบระดับความเข้าใจของนักเรียนโดยตรง การประเมินผลข้อเขียนทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. Analytic scoring

Analytic scoring เป็นการให้คะแนนแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งครูต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะให้นักเรียนทำกี่ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนใช้คะแนนอย่างไร ตัวอย่างการให้คะแนนในลักษณะดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

การให้คะแนนโดยใช้ Analytic scoring

ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	0	:	ไม่เข้าใจปัญหาเลย
	1	:	เข้าใจปัญหาเป็นบางส่วน
	2	:	เข้าใจปัญหาทั้งหมด
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	0	:	วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม
	1	:	ใช้ข้อมูลจากปัญหาวางแผนการแก้ปัญหาถูกต้องเป็นบางส่วน
	2	:	แผนที่วางไว้จะให้คำตอบที่ถูกต้องได้ถ้าดำเนินการถูกต้อง
ขั้นหาคำตอบ	0	:	ไม่ได้คำตอบหรือคำตอบผิด
	1	:	ได้คำตอบผิดจากการคำนวณผิดแต่มีบางส่วนถูกต้อง
	2	:	คำตอบถูกต้องสมบูรณ์

2. Focused holistic scoring

Focused holistic scoring เป็นเทคนิคการให้คะแนนการแก้ปัญหาทุกขั้นตอน ไม่เพียงแต่ดูที่คำตอบ เป็นการให้คะแนนโดยอิงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนแต่ละคนจะได้รับคะแนนตามคุณภาพของงานเป็นคะแนนตัวเดียวโดด ๆ ตัวอย่างการให้คะแนนดังกล่าวมี ดังนี้

การให้คะแนนโดยใช้ Focused holistic scoring

0 คะแนน	- ไม่ตอบ - ไม่เข้าใจปัญหามีเพียงข้อความที่คัดลอกจากโจทย์ - มีเพียงคำตอบที่ผิด
1 คะแนน	- แสดงความเข้าใจการแก้ปัญหาแต่วิธีการไม่เหมาะสม - กลวิธีเลือกไม่เหมาะสมและใช้จริงไม่ได้และไม่มีกลวิธีอื่นสารอง - แสดงความพยายามในการแก้ปัญหาย่อย ๆ ของปัญหาใหญ่แต่ทำไม่สำเร็จ
2 คะแนน	- เข้าใจปัญหาแต่ใช้การแก้ปัญหาไม่ถูกต้องจึงได้คำตอบผิด - ใช้กลวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมแต่ดำเนินการไม่ถูกต้องทำให้ได้คำตอบผิดหรือไม่ได้คำตอบ - แก้ปัญหาย่อยได้บางส่วนแต่ไม่ได้ทั้งหมด

	- ได้คำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่เข้าใจงานที่ทำหรืออธิบายไม่ได้
3 คะแนน	- ใช้กลวิธีแก้ปัญหาเหมาะสมแต่เข้าใจผิดในเรื่องของเงื่อนไขหรือข้อมูลบางส่วนในปัญหา - ใช้กลวิธีที่ถูกต้องแต่ตอบผิดหรืออธิบายเหตุผลไม่ได้หรือไม่มีคำตอบ - ได้คำตอบที่ถูกต้องจากกลวิธีที่เหมาะสมแต่วิธีที่แสดงให้ดูไม่ชัดเจน
4 คะแนน	- เข้าใจปัญหาเป็นอย่างดีเลือกใช้กลวิธีที่เหมาะสมแต่คำนวณผิดพลาด - เลือกและใช้กลวิธีที่เหมาะสมและได้คำตอบที่ถูกต้อง

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนนเป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติงานของนักเรียน ซึ่งสามารถแยกแยะความสำเร็จในการเรียนหรือคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน โดยต้องมีการกำหนดมาตรวัดและรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละระดับ/ กลุ่มในมาตราวัดไว้อย่างชัดเจน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนอาจจะใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (Rubric)

รูบริค (Rubric) คือ ข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนจากระดับที่ยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา โดยทั่วไปการให้คะแนนแบบรูบริคมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) คือ การให้คะแนนผ่านชิ้นงาน โดยดูภาพรวมหรือองค์รวมของชิ้นงานนั้น ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะ/กระบวนการ	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การแก้ปัญหา	4 (ดีมาก)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมดและอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
	3 (ดี)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมดแต่อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้บางส่วน ยังไม่ชัดเจน
	2 (พอใช้)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วนและพยายามอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวแต่ไม่ถูกต้อง
	1 (ปรับปรุง)	- มีร่องรอยการดำเนินการการแก้ปัญหาได้บางส่วนแต่ไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าว
	0 (ไม่พยายาม)	- ไม่มีร่องรอยการแก้ปัญหาหรือมีร่องรอยการแก้ปัญหาแต่ไม่ถูกต้อง

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เป็นการวิเคราะห์งานออกเป็นองค์ประกอบย่อยและกำหนดคะแนนสำหรับแต่ละองค์ประกอบร่วม ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งเป็นการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปและตรวจสอบคำตอบ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การทำความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องบางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- ไม่เข้าใจปัญหา
การวางแผนการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- วางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสมชัดเจน
	2 (พอใช้)	- วางแผนแก้ปัญหาได้บางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม
การดำเนินการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด
	2 (พอใช้)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- ดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
การสรุปและตรวจสอบคำตอบ	3 (ดี)	- มีการสรุปและตรวจคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2 (พอใช้)	- มีการสรุปคำตอบแต่ไม่มีการตรวจคำตอบ
	1 (ปรับปรุง)	- ไม่มีการสรุปและไม่มีการตรวจคำตอบ

จากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนมี 2 แบบ คือ การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring) และการให้คะแนนเป็นภาพรวม (Focused Holistic Scoring) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic scoring) ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนของรีส์ ซุยแดม และลินควิสท์ (Reys, Suydam & Lindquist, 1995) อัมพร ม้าคนอง (2546) และเวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**เกณฑ์การประเมิน**
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)	2	- สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ไม่ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ไม่ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและไม่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์โจทย์ / ไม่เขียนตอบ
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)	2	- สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาได้ / ไม่เขียนตอบ

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)	2	- สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการได้อย่างถูกต้องได้ / ไม่เขียนตอบ
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)	2	- คำตอบและหน่วยของคำตอบที่ได้มีความถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการ
	1	- คำตอบและหน่วยของคำตอบที่ได้มีความถูกต้องบางส่วนไม่เป็นไปตามที่โจทย์ต้องการ
	0	- คำตอบและหน่วยของคำตอบไม่มีความถูกต้องไม่ครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการ / ไม่เขียนตอบ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย โดยจะให้นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) ขั้นดำเนินแก้ปัญหา (Execute the plan) และขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นการกำหนดสถานการณ์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อมาใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน โดยคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนจะคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็มและนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แสดงดังตารางที่ 8 ซึ่งผู้วิจัยยึดเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และนำคะแนนที่ได้มาเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อยู่ในระดับดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่า กลุ่มทดลอง 1 และทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวมและรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นในกลุ่มทดลอง 2 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวมและรายด้าน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นในด้านตรวจสอบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดพบว่า กลุ่มทดลอง 1 ในภาพรวม และรายด้านทุกด้าน ยกเว้นด้านตรวจสอบคำตอบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มทดลอง 2 พบว่าในภาพรวมและรายด้านทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นด้านวิเคราะห์และวางแผนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อาริสา สุปน (2557) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E วิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.61/79.39 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้7E สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดารณี พุฒจันทร์หอม (2558) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการ

สอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 80

ธันยรัตน์ พลเยี่ยม (2560) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพยาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุไรรัตน์ สอนสีดา (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กัลยาณี บุญทรัพย์ (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

ออร์ ฮุน (Orhun, 2001) พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความบกพร่องในกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 97 คน ดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดคำถามวิชาฟิสิกส์ จำนวน 10 เรื่อง เพื่อใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเขียนแผนภาพ 2) ตรวจสอบสิ่งที่โจทย์ถาม 3) เขียนสมการเพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) การแทนค่าลงในสมการ และ 5) การแก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า จากนั้นประเมินความบกพร่องของนักเรียนใน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ 2) ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และ 3) ความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากที่สุด รองมาคือ ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ตามลำดับ

วิลเลียมส์ (William, 2003) พบว่า การศึกษาให้นักเรียนเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาจะสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 42 คน ที่กำลังเรียนวิชาพีชคณิต จากนั้นทำการแบ่งกลุ่ม เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยการเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน จากนั้นดำเนินการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองสามารถทำงานแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และช่วยให้นักเรียนในกลุ่มทดลองเรียนรู้การใช้ขั้นตอนตามกระบวนการแก้ปัญหาได้เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม

ออส เรม มิสติกส์ (Ozlem Mecit, 2006) พบว่า ผลการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเกรด 5 ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้การเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไกเฮอร์และคนอื่น ๆ (Gaigher & Braun, 2007) พบว่า การพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Heller Group มี 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการเขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) ขั้นแสดงข้อมูลต่าง ๆ ลงในแผนภาพ 3) ขั้นระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) ขั้นวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ 5) ขั้นการเขียนสมการสำหรับใช้ในการหาคำตอบ 6) ขั้นการแทนค่าตัวแปรเพื่อแก้สมการ และ 7) ขั้นแปลความหมายของคำตอบที่ได้ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีการพัฒนาการของ

กระบวนการคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดี

เซลคูก์และคณะ (Selcuk Caliskan, 2008) พบว่า การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนสาขาการศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 37 คน ซึ่งกลุ่มทดลองจะได้รับการเสริมกระบวนการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและแบบประเมินทักษะการดำเนินการในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ ความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามรถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) และเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นเป็นวิธีที่ช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในเรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างเป็นระบบนั้น จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้เป็นขั้นตอน มีความถูกต้อง เข้าใจ ได้ผลดียิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

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

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 158 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์- คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 43 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experiment Research) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว และมีการทดสอบก่อนเรียนและสอบหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) สมโภชน์ อเนกสุข (2559) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
G	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

G แทน กลุ่มทดลอง (Experimental group)

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนหรือวัดค่าตัวแปรที่ศึกษาก่อนการทดลอง (Pretest)

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนหรือวัดค่าตัวแปรที่ศึกษาหลังการทดลอง (Posttest)

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระ และผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ทฤษฎี และงานวิจัย เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) และเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนศรีราชา โดยกำหนดขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 50 นาที ดังรายละเอียดในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ น้ำหนักคะแนน และเวลา (คาบ) เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนักคะแนน	เวลา (คาบ)
1. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	1. กฎของคูลอมบ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุ ตามกฎของคูลอมบ์ได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุได้	16	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
2. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	2. สนามไฟฟ้า	3. นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้ 4. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้ 5. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้ 6. นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	28	5
3. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	3. ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	7. นักเรียนสามารถอธิบายพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 8. นักเรียนสามารถอธิบายความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	28	5

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
4. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	4. ตัวเก็บประจุ	9. นักเรียนสามารถอธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุได้ 10. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุได้ 11. นักเรียนสามารถอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้ 12. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้	28	5
	รวม		**100**	**18**

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ซึ่งรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนประกอบด้วย

1.4.1 ผลการเรียนรู้

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระการเรียนรู้

1.4.5 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1.4.6 อุปกรณ์ / สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1.4.7 การวัดและประเมินผล

1.4.8 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม และรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ อุปกรณ์ / สื่อ / แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และนำปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม โดยมีรายละเอียดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

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

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนโดยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย	4.51 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 - 4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 - 3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 - 2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ประยุกต์มาจาก (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสม ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.77 อยู่ในระดับมากที่สุด (ภาคผนวก ข หน้า 159)

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่จะนำไปใช้จริง) โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

1.9 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน คู่มือการวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งวิธีการการสร้างแบบทดสอบ

2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบจำแนกตามระดับตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
1. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	1. กฎของคูลอมบ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุ ตามกฎของคูลอมบ์ได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2
		2. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2
		3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำระหว่างจุดประจุได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
2. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	2. สนามไฟฟ้า	4. นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลมและแผ่นโลหะคู่ขนานได้	2(1)	-	-	-	-	-	2	1
		5. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์เกี่ยวกับประจุในสนามไฟฟ้าได้	-	-	-	-	-	2(1)	2	1
		6. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้	-	-	2(1)	-	-	-	2	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
2. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	2. สนามไฟฟ้า	7. นักเรียนสามารถวิเคราะห์ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1
		8. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2
		9. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างประจุในสนามไฟฟ้าได้	-	-	-	-	2(1)	-	2	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
2. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	2. สนามไฟฟ้า	10. นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าและคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2
		11. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้าได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
3. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	3. ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	12. นักเรียนสามารถอธิบายพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2
		13. นักเรียนสามารถวิเคราะห์พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1
		14. นักเรียนสามารถอธิบายความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	-	2(1)	2(1)	-	-	-	4	2

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้						รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์		
4. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	4. ตัวเก็บประจุ	15. นักเรียนสามารถอธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุได้	2(1)	-	-	-	-	-	2	1
		16. นักเรียนสามารถประเมินค่าสำหรับการต่อตัวเก็บประจุได้	-	-	-	-	2(1)	-	2	1
		17. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุตัวเก็บประจุได้	2(1)	2(1)	-	-	-	-	4	2

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
4. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	4. ตัวเก็บประจุ	18. นักเรียนสามารถอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้	2(1)	2(1)	-	-	-	-	4	2
		19. นักเรียนสามารถวิเคราะห์พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุกับความต่างศักย์ได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1
		20. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้	-	-	2(1)	-	-	-	2	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
		21. นักเรียนสามารถวิเคราะห์วงจรของตัวเก็บประจุได้	-	-	-	2(1)	-	-	2	1
		22. นักเรียนสามารถออกแบบการสร้างสรรค์วงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดได้	-	-	-	-	-	2(1)	2	1
	รวม		**8** **(4)**	**16** **(8)**	**16** **(8)**	**12** **(6)**	**4** **(2)**	**4** **(2)**	**60**	**30**

หมายเหตุ : ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง จำนวนข้อของแบบทดสอบที่ต้องการใช้จริง
ตัวเลขที่ไม่ได้อยู่ในวงเล็บ หมายถึง จำนวนข้อของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ โดยนำมาใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านพิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดหรือไม่ จากนั้นบันทึกผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อ แล้วนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ (IOC) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้

2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2555) จะถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์มีค่าความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 167)

2.7 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 45 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง ไฟฟ้าสถิต มาแล้ว จากนั้น

วิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (D) โดยใช้เทคนิค 50% (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 – 1.00 จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์มีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.35 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ตั้งแต่ 0.30 – 0.80 (ภาคผนวก ข หน้า 170)

2.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด

2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.86 (ภาคผนวก ข หน้า 174)

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และวิธีการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

3.3 วิเคราะห์และกำหนดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบทั้งหมด (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง (ข้อ)
1. กฎของคูลอมบ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุ ตามกฎของคูลอมบ์ได้	2	1
	2. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุได้	2	1
2. สนามไฟฟ้า	3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้	4	2
	4. นักเรียนสามารถอธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้	2	1
	5. นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2	1
3. ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	6. นักเรียนสามารถอธิบายพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2	1

ตารางที่ 12 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบทั้งหมด (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง (ข้อ)
	7. นักเรียนสามารถอธิบายความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2	1
4. ตัวเก็บประจุ	8. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้	4	2
	รวม	**20**	**10**

3.4 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ โดยนำมาใช้จริง 10 ข้อ โดยแต่ละข้อจะให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

3.5 ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบแยกองค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนของ รีส์ ซุยแดม และลินควิสท์ (Reys Suydum & Lindquist, 1995) อัมพร ม้าคนอง (2546) และเวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555) ได้เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**เกณฑ์การประเมิน**
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)	2	- สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถระบุข้อมูลตามที่โจทย์กำหนดให้ ไม่ระบุข้อมูลตามที่โจทย์ต้องการทราบ ไม่ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมและไม่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์โจทย์ / ไม่เขียนตอบ
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)	2	- สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถบอกหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ วาดภาพประกอบการคำนวณและเขียนสูตร สมการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการในการวางแผนแก้ปัญหาได้ / ไม่เขียนตอบ

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)	2	- สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1	- สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบ และระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการได้อย่างถูกต้องได้ / ไม่เขียนตอบ
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)	2	- คำตอบและหน่วยของคำตอบที่ได้มีความถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการ
	1	- คำตอบและหน่วยของคำตอบที่ได้มีความถูกต้องบางส่วนไม่เป็นไปตามที่โจทย์ต้องการ
	0	- คำตอบและหน่วยของคำตอบไม่มีความถูกต้องไม่ครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการ / ไม่เขียนตอบ

3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไปปรับปรุงแก้ไข

3.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม ลักษณะของการใช้คำถามว่ามีความเหมาะสมของคำถามในการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และความถูกต้องด้านภาษา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านพิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดหรือไม่ จากนั้นบันทึกผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อ แล้วนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.8 นำผลการประเมินที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ แล้วพิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ .50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 175)

3.9 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 45 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง ไฟฟ้าสถิต มาแล้ว จากนั้นวิเคราะห์คะแนนเป็นรายข้อ เพื่อหาความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 – 1.00 จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.54 – 0.60 และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ตั้งแต่ 0.54 – 0.64 (ภาคผนวก ข หน้า 187)

3.11 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

3.12 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 10 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 (ภาคผนวก ข หน้า 189)

3.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

2. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ใช้ระยะเวลาจำนวน 2 คาบ จากนั้นบันทึกผลการทดสอบไว้เป็นคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

3. ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. เมื่อดำเนินการสอนจบครบตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ใช้ระยะเวลาจำนวน 2 คาบ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ นำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมุติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t-test) (ทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t-test) (ทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t-test) (ทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t-test) (ทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 4)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (p) เป็นวิธีการนำคะแนนที่สอบได้เทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนค่าคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

$$p = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ
f แทน ค่าความถี่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{x}$) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

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

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง
$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (Difficulty: P) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R.Whitney and D.L. Sabers) คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

2.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

$$P_E = \frac{S_u + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ค่าความยากง่าย

S_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

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

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 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\,\Sigma X_i - \Sigma X_i{}^2}{(k-1)\Sigma(X_i - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
X_i แทน คะแนนของผู้สอบแต่ละคน
k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ
c แทน คะแนนจุดตัดซึ่งคิดจากร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2.4 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539)

$$r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_P}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
MS_E แทน คะแนนความแปรปรวนของความคาดเคลื่อน
MS_P แทน คะแนนความแปรปรวนระหว่างคน

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบที

D แทน ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนนที่นำมาเปรียบเทียบ

3.2 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556)

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

เมื่อ n แทน จำนวนตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน 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. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p* (1-tailed)
ก่อนเรียน	43	8.91	2.17	42	36.372*	.000
หลังเรียน	43	22.72	1.39			

*$p < .05$

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.91 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.72 เมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) ด้านการวิเคราะห์ 5) ด้านการประเมินค่า และ 6) ด้านการสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	*n*	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			*t*	*P* (1-tailed)
			$\bar{X}$	*SD*	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	*SD*	$\bar{X}_{ร้อยละ}$		
ความรู้ความจำ	43	4	2.02	0.99	50.50	3.35	0.65	83.75	7.307*	.000
ความเข้าใจ	43	8	1.77	0.72	22.13	5.77	1.09	72.13	19.499*	.000
การประยุกต์ใช้	43	8	1.56	0.73	19.50	5.65	0.90	70.63	22.526*	.000
การวิเคราะห์	43	6	1.44	0.70	24.00	4.77	0.81	79.50	18.030*	.000
การประเมินค่า	43	2	1.16	0.65	58.00	1.63	0.49	81.50	3.825*	.000
การสร้างสรรค์	43	2	0.95	0.69	47.50	1.56	0.50	78.00	5.215*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) ด้านการวิเคราะห์ 5) ด้านการประเมินค่า และ 6) ด้านการสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	ลำดับร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ
	$\overline{x}_{ร้อยละ}$	$\overline{x}_{ร้อยละ}$		
ความรู้ความจำ	50.50	83.75	33.25	4
ความเข้าใจ	22.13	72.13	50.00	3
การประยุกต์ใช้	19.50	70.63	51.13	2
การวิเคราะห์	24.00	79.50	55.50	1
การประเมินค่า	58.00	81.50	23.50	6
การสร้างสรรค์	47.50	78.00	30.50	5

จากตารางที่ 16 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ด้านการวิเคราะห์ 2) ด้านการประยุกต์ใช้ 3) ด้านความเข้าใจ 4) ด้านความรู้ความจำ 5) ด้านการสร้างสรรค์ และ 6) ด้านการประเมินค่า ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\overline{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p* (1-tailed)
หลังเรียน	43	21	22.72	1.39	42	8.144*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 17 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 22.72 คิดเป็นร้อยละ 75.73 เมื่อทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) ด้านการวิเคราะห์ 5) ด้านการประเมินค่า และ 6) ด้านการสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)

พฤติกรรมการเรียนรู้	***n***	**คะแนนเต็ม**	**หลังเรียน**			**เกณฑ์ร้อยละ 70**	***t***	***P* (1-tailed)**
			$\bar{X}$	***SD***	$\bar{X}_{ร้อยละ}$			
ความรู้ความจำ	43	4	3.35	0.65	83.75	70	5.533*	.000
ความเข้าใจ	43	8	5.77	1.09	72.13	70	1.010	.159
การประยุกต์ใช้	43	8	5.65	0.90	70.63	70	0.374	.355
การวิเคราะห์	43	6	4.77	0.81	79.50	70	4.584*	.000
การประเมินค่า	43	2	1.63	0.49	81.50	70	3.056*	.002
การสร้างสรรค์	43	2	1.56	0.50	78.00	70	2.064*	.023

*$p < .05$

จากตารางที่ 18 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนี้ ด้านความรู้ความจำ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการประเมินค่า และด้านการสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนด้านความเข้าใจ และด้านการประยุกต์ใช้ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) ด้านการวิเคราะห์ 5) ด้านการประเมินค่า และ 6) ด้านการสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

พฤติกรรมการเรียนรู้	เกณฑ์ร้อยละ 70	คะแนนหลังเรียน ($\bar{X}_{ร้อยละ}$)	ลำดับค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนหลังเรียน
ความรู้ความจำ	70	83.75	1
ความเข้าใจ	70	72.13	5
การประยุกต์ใช้	70	70.63	6
การวิเคราะห์	70	79.50	3
การประเมินค่า	70	81.50	2
การสร้างสรรค์	70	78.00	4

จากตารางที่ 19 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านการประเมินค่า 3) ด้านการวิเคราะห์ 4) ด้านการสร้างสรรค์ 5) ด้านความเข้าใจ และ 6) ด้านการประยุกต์ใช้ ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	***n***	$\bar{X}$	***SD***	***df***	***t***	***p* (1-tailed)**
ก่อนเรียน	43	7.72	3.22	42	51.757*	.000
หลังเรียน	43	60.53	7.75			

*$p < .05$

จากตารางที่ 20 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.72 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 60.53 เมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	***n***	**คะแนนเต็ม**	**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**		***t***	***P*** **(1-tailed)**
			$\bar{X}$	***SD***	$\bar{X}$	***SD***		
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	43	20	3.58	0.98	15.98	1.96	47.637*	.000
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	43	20	2.81	1.08	15.42	2.04	43.408*	.000
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	43	20	0.67	0.97	14.79	1.69	51.743*	.000
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ	43	20	0.65	0.90	14.35	2.14	44.769*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 21 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	ลำดับร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ
	$\overline{x}_{ร้อยละ}$	$\overline{x}_{ร้อยละ}$		
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	17.90	79.90	62.00	4
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	14.05	77.10	63.05	3
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	3.35	73.95	70.60	1
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ	3.25	71.75	68.50	2

จากตารางที่ 22 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสามารถเรียงลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุดได้ดังนี้ 1) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 2) ขั้นตรวจสอบคำตอบ 3) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา และ 4) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา ตามลำดับ

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) แสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	***n***	**เกณฑ์ร้อยละ 70**	$\overline{X}$	***SD***	***df***	***t***	***p* (1-tailed)**
หลังเรียน	43	56	60.53	7.753	42	3.835*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 23 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 60.53 คิดเป็นร้อยละ 75.66 เมื่อทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) ได้ผลดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน)

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	***n***	**เกณฑ์ร้อยละ 70**	**หลังเรียน**			***t***	***p* (1-tailed)**
			$\bar{X}$	***SD***	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$		
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	43	14	15.98	1.96	79.90	6.621*	.000
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	43	14	15.42	2.04	77.10	4.564*	.000
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	43	14	14.79	1.96	73.95	2.647*	.006
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ	43	14	14.35	2.14	71.75	1.071	.145

*$p < .05$

จากตารางที่ 24 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนี้ ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา และขั้นดำเนินการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนขั้นตรวจสอบคำตอบ มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70**	**คะแนนหลังเรียน ($\bar{X}$)**	**ลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียน**
1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	14	15.98	1
2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	14	15.42	2
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	14	14.79	3
4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ	14	14.35	4

จากตารางที่ 25 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถเรียงลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนการจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 4 แผน ได้แก่ 1) กฎของคูลอมบ์ 2) สนามไฟฟ้า 3) ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ และ 4) ตัวเก็บประจุ โดยมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.77

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.35 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.30 – 0.80 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.54 – 0.60 ค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.54 – 0.64 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experiment Research) เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว และมีการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้สถิติ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และสมมติฐานข้อที่ 2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง และช่วยให้นักเรียนสามารถค้นหาความจริง จากการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) เพื่อหาคำตอบได้อย่างเป็นระบบมีการวางแผน การจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้นักเรียนได้ลงมือสืบเสาะค้นหาสิ่งต่าง ๆ แล้วทำความเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้อย่างราบรื่นเหมาะสม เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ โดยผ่านกระบวนการคิด การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว โดยที่ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556) การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ประกอบด้วย 7 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์เดิมที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียนบ้าง และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนเรื่องที่น่าสนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งได้เรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูลสำรวจ ทดลอง กิจกรรม

ภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลองตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน เพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างความองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ให้เรียนมีความรู้มากขึ้นและขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันโดยที่ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ การตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนจะช่วยให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน

ที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามแนวคิดของ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพราะเป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่สูงขึ้น และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตามกำหนดด้วย สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อาริสา สุปน (2557) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ดารณี พุฒจันทร์หอม (2558) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) จะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้จริง

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) ด้านการวิเคราะห์ 5) ด้านการประเมินค่า และ 6) ด้านการสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ทุกด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยด้านการวิเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านการประยุกต์ใช้ ด้านความเข้าใจ ด้านความรู้ความจำ ด้านการสร้างสรรค์ และด้านการประเมินค่า ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูได้อธิบายความรู้ให้กับนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่จะเกิดความสนใจ เกิดความเข้าใจในแนวคิด ข้อเท็จจริง มีความกระตือรือร้น เกิดการซักถาม นักเรียนสามารถที่จะจัดองค์ประกอบความรู้ย่อย ๆ เหล่านั้น จนกระทั่งมองเห็นถึงความสำคัญและหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ข้อมูลตามที่นักเรียนได้รับ ทำให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับจะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว นอกจากนี้ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยด้านความรู้ความจำ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดรองลงมา คือ ด้านการประเมินค่า ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสร้างสรรค์ ด้านความเข้าใจ และด้านการประยุกต์ใช้ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทำให้นักเรียนเกิดทักษะความรู้ความจำ นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์มากขึ้น สามารถคิดวิเคราะห์ข้อมูลตามที่นักเรียนได้รับ อธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเองได้ เกิดการเชื่อมโยงกระบวนการคิดกับหลักการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง จึงส่งผลให้พฤติกรรมด้านความรู้ความจำมีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด ส่วนพฤติกรรมด้านการประยุกต์ใช้ นักเรียนบางคนเกิดความสับสนหรือขาดการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ กับทฤษฎี ในการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้กับหลักการทางฟิสิกส์ เนื่องจากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ค่อนยาก และมีความซับซ้อน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการประยุกต์ใช้มีคะแนนพัฒนาการต่ำที่สุด

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และข้อที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้สูงขึ้น ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าวเข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) และขั้นประเมินผล (Evaluation phase) โดยเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาจากนั้นพิจารณาดูว่า โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะมีผลต่อกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และมีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

2. ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพตามที่โจทย์ระบุ รวบรวมสูตร สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นหาวิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์และวางแผนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนขึ้น และเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหาตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนไว้ โดยดำเนินการแสดงวิธีหาคำตอบ จากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุคำตอบตามที่โจทย์ต้องการ ช่วยให้นักเรียนได้แนวทางคำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่เป็นระบบ และส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น ซึ่งเป็นไปตาม Morton (1953 อ้างถึงในแสงเดือน เจริญฉิม, 2552, หน้า 482) การแก้โจทย์ปัญหานักเรียนจะต้องมีความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ตามสถานการณ์ในโจทย์ปัญหานั้น ๆ นอกจากนี้จะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นและเล็งเห็นกระบวนการที่จะได้มาซึ่งคำตอบการแก้โจทย์ปัญหา เป็นการใช้ความคิดมากกว่าการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้สมการว่าถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ และหน่วยของคำตอบมีความถูกต้องหรือไม่

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้นได้ ในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ครูจะแสดงตัวอย่างวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และร่วมกันอภิปรายกับนักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองและจากการสังเกตนักเรียนในขณะทำการจัดการเรียนรู้และจากการตรวจสอบแบบฝึกหัดโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาครบทั้ง 4 ขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหา รู้วิธีการและกล้าที่จะเผชิญกับโจทย์ปัญหาต่าง ๆ มากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สูงขึ้นและสูงกว่าเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจุไรรัตน์ สอนสีดา (2560) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กัลยาณี บุญทรัพย์ (2561) พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็น

ว่า เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนตามเทคนิคขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นจะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้จริง

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ตามเทคนิคขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยขั้นดำเนินการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือขั้นตรวจสอบคำตอบ ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา และขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจในเทคนิคขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน นักเรียนได้ปฏิบัติลงมือทำแบบทดสอบตามที่ครูได้กำหนดเทคนิคขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงวิธีทำในแต่ละขั้นตอน เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ เกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนจึงทำให้นักเรียนสามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้อย่างมั่นใจ และได้คำตอบของโจทย์ปัญหาตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนไว้ จึงส่งผลให้นักเรียนประสบความสำเร็จในขั้นดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเห็นได้ชัด และนอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา เป็นขั้นตอนแรกที่นักเรียนทุกคนจะต้องอ่านโจทย์ปัญหา แล้วพิจารณาดูว่า จากโจทย์ปัญหาระบุข้อมูลอะไรมาให้บ้าง โจทย์ปัญหาต้องการทราบอะไร ตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง ทำให้นักเรียนทุกคนสามารถระบุข้อมูลในขั้นตอนนี้ได้ ซึ่งการที่นักเรียนได้พิจารณาโจทย์ปัญหานี้จะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิด เพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน จึงเป็นขั้นที่มีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด สำหรับขั้นตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ นักเรียนจะหาคำตอบและระบุหน่วยของคำตอบไม่มีความถูกต้อง ไม่ครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือนักเรียนเติมคำตอบแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ จึงเป็นสาเหตุทำให้ขั้นตอนตรวจสอบคำตอบมีคะแนนพัฒนาการต่ำที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้านความเข้าใจ และด้านการวิเคราะห์มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสูงสุด เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนนี้ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถที่จะวิเคราะห์ตามข้อมูลที่นักเรียนได้รับและอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตนเองได้ ดังนั้น ครูสามารถนำวิธีการจัดการเรียนการสอนนี้ไปปรับใช้กับนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลตามที่ได้รับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาและขั้นดำเนินการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสูงสุด เนื่องจากขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนแรกที่นักเรียนทุกคนต้องอ่านโจทย์ปัญหา และพิจารณาดูว่า โจทย์ปัญหาระบุข้อมูลอะไรมาให้บ้างก่อนลงมือแก้โจทย์ปัญหา การที่นักเรียนได้พิจารณาโจทย์ปัญหานี้จะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิด เพื่อนำไปใช้ในขั้นดำเนินการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต่อไป ดังนั้น ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาและขั้นดำเนินการแก้ปัญหา จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า ในขั้นตรวจสอบคำตอบนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่ระบุคำตอบและหน่วยของคำตอบให้ถูกต้อง ครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการ ดังนั้นครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนระบุคำตอบในขั้นตรวจสอบคำตอบให้ครบถ้วนสมบูรณ์

1.4 ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ครูควรฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์วิธีการดำเนินการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยโจทย์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโจทย์ฟิสิกส์เป็นโจทย์ที่ยากและมีความซับซ้อน บางครั้งต้องอาศัยการวิเคราะห์แก้โจทย์ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธีขึ้นไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการวิจัยด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน พบว่า ด้านการประยุกต์ใช้ มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 4 ขั้นตอน พบว่า ขั้นตรวจสอบคำตอบมีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุด ดังนั้น สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาถึงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนต่ำที่สุด

2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Co-operative learning) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD เป็นต้น เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ในขณะที่ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ในขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration phase) และขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Extension phase)ได้นำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นเสริมเข้าไป พบว่า ในระหว่างที่ทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติการทดลอง มีส่วนร่วมภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน ส่งผลให้นักเรียนมีความสนุกสนานและรู้สึกพึงพอใจกับการเรียนเป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นว่ากระบวนการกลุ่มมีผลต่อการเรียนของนักเรียน ซึ่งสามารถนำไปเป็นตัวแปรในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับ ปรับปรุง 2560). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). ผลประชุมองค์กรหลักกระทรวงศึกษาธิการ. เข้าถึงได้จาก https://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=53938&Key=news_Surachet

กัลยาณี บุญทรัพย์. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (*7E)* ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (*PECA)* ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

คงนิตา เคยนิยม และสุวิมล จรูญโสตร์. (2553). กิจกรรมเสริมประสบการณ์ สำหรับนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาการ, 38(168), 21-24.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 พ.ศ. 2540-2544. กรุงเทพฯ: อรรถพลการพิมพ์.

จุไรรัตน์ สอนสีดา. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และสุวิทย์ หิรัณยกาณฑ์. (2548). ปทานุกรมศัพท์การศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับแก้ไขปรับปรุง). กรุงเทพฯ: รำไทยเพลส.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). 80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: แดแน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

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

ดารณี พุฒเจันทร์หอม. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ *7E* เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนรู้และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทิศนา แขมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2551). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธันยรัตน์ พลเยี่ยม. (2560). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตรัมและการชนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2559). การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี กองจินดา. (2549). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

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

พิชิต ฤทธ์จรูญ. (2548). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

พิพัฒน์ สอนพัลละ. (2545). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

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

รศนา อัชชะกิจ. (2539). กระบวนการแก้ปัญหาและตัดสินใจเชิงวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิควิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการสร้างข้อสอบความถนัดทางการเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

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

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตรการสอนและการวิจัย. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). การจัดการเรียนรู้ *Learning management*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิลปะชัย บูรณพานิช. (2549). รายงานผลการวิจัยและพัฒนาการสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนโดยใช้กิจกรรมการทดลองและสาธิตของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). สถิติผลคะแนนการทดสอบ *O-NET* ย้อนหลัง. เข้าถึงได้จาก https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3865

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2547). คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ โลกและอวกาศ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2555). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2556). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 6). ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). สร้างสรรค์นักคิด: คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

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

สิริเกศ หมัดเจริญ. (2553). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2560). ครูยุคใหม่กับการจัดการเรียนรู้ สู่การศึกษา 4.0 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

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

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แสงเดือน เจริญฉิม. (2552). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริมมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวาชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปกร.

โสมภิลัย สุวรรณ์. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัมพร ม้าคนอง. (2546). คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาริสา สุปน. (2557). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ *7E* ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้องสอนศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Anderson & Krathwohl (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Addison Wesley Longman.

Anderson, H. O., & Paul G. Koutnik,. (1972). *Toward More Effective Science Instruction in Secondary Education*. New York: Macmillan Publishing.

Carin, A. A., & Robert B. Sund ,. (1975). *Teaching Modern Science. 2nd. ed*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.

Charles, R. L., & Lester, F.K. ,. (1982). *Teaching problem solving*. What, why and how. Palo Alto, CA: Dale Seymour.

Chekuri. (1996). *Profile-driven instruction level parallel scheduling with application to super blocks*. Addison Wesley: Reading, MA.

Chi, M., & Glaser, R.,. (1982). *Final report: Knowledge and skill differences in novices and experts*. Pittsburge University of Pittsburge: Learning Research and Development Center.

Constant, F. W. (1967). *Fundamental Principles of Physics*. Massachusets: Addisson Wesley Phblising Company.

Ding, N., & Harskamp, E. ,. (2007). Structured Collaboration Versus Individual learning in Solving Physics Problems. *International Journal of Science Education,* 28(14), 1669-1688.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model: A Proposed 7E Model Emphasizes Transferring Learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding. *The Science Teacher,* 70(6), 56-59.

Gaigher, E., Roganb, J. M. , & Braun, M. W. H. (2007). Exploring the Development of Conceptual Understanding through Structured Problem-Solving in Physics. *International Journal of Science Education* 29(9), 1089-1110.

Heller, K., & Heller, P.,. (2010). *The competent problem solver for introductory physics*. New York: Primis Custon Publishing.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *Americen Jonrnal of Physics,* 55(5), 440-454.

Khim, K. C. (1978). "Integration of Secondary Level Physics and Technology Education.". *Physics Curriculum Delvelopment in Asia*.

Larkin, J. H., & Brackett, G. C., . (1976). Teaching General Learning and Problem-Solving Skills. *American Journal of Physics* 44(3), 212-217.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards National Academy.* New York: Basic Books.

Orhun. (2001). *Mathematical Mistakes of Solving Physics Problems*. Turkey: Anadolu University.

Ozlem Mecit. (2006). *The Effect of 7E Learning Cycle Model on The Improvement of Fifth Grade Students Critical Thinking Skills.* Ph.D. Dissertation, Middle East Technical University.

Polya, G. (1957). *How to solve it.* 2^{nd} *ed.* . New York: Doubleday Anchor Books.

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

Portoles, J. S., & Lopez, V.S.,. (2008). Types of Knowledge and their Relation to Problem Solving in Science: Direction for Practice. *Education Science Journal,* 6, 105-112.

Reys Robert E & et al. (2004). *Helping Children Learn Mathematics.* 7th *ed*. New Jeraey: John Wiley & Sons.

Reys Suydum & Lindquist. (1995). *Helping children learn mathematics* (4th ed). Boston: Allyn and Bacon.

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

Singh, A. (1993). *Problem Solving in Physics: An Interactive Computer Assisted Environment.* Doctoral Dissertation, The University of Waikato.

Stollburg, R. J. (1986). Problem Solving, The Process Games in Science Teaching. *The Science Teacher*, 288-289.

Welch, W. W. (1981). "Inquiry and Science Teacher," in What Reseach Says to the Science Teacher. *The Science Teacher,* 3, 53-64.

William, K. M. (2003). Writing About the Problem-Solving Process to lmprove to lmprove Problem Solving Performance. *Mathematics Teacher,* 96(3), 185.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
  คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีพร อนุศาสนนันท์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาสาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา ทองสอน	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร. ศรัณย์ ภิบาลชนม์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์ปราณี นุชเจริญผล	อาจารย์ประจำโรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
5. อาจารย์พิชญุตม์ เทียนเที่ยง	อาจารย์ประจำโรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗

ที่ อว ๘๑๓๗/๑๔๔๒ **วันที่** ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน

ด้วยนางสาววีรดา ลิมปิสวัสดิ์ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๐๔๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ ๗ ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัยของนิสิตดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) นุจรี ไชยมงคล

(รองศาสตราจารย์ ดร. นุจรี ไชยมงคล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕

E-mail : grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๕๐๙ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข
อ. เมือง จ. ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๗ สิงหาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. เค้าโครงงานวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๑ ชุด

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ด้วยนางสาววีรดา ลิมปิสวัสดิ์ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๐๔๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ ๗ ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย

เนื่องจากบุคลากรในโรงเรียนของท่าน อาจารย์ประจำโรงเรียนศรีราชาเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัยของนิสิตดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) นุจรี ไชยมงคล
(รองศาสตราจารย์ ดร. นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail : grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๑๙๐

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข
อ. เมือง จ. ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๔

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนศรีราชา

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนางสาววีรดา ลิมปิสวัสดิ์ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๐๔๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ ๗ ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕/๓ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน ๔๓ คน ระหว่างวันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๔ ถึง วันที่ ๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๖๖๕๑๘๖๙ หรือที่ E-mail : 62910041@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) นุจรี ไชยมงคล

(รองศาสตราจารย์ ดร. นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail : grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

1. ชื่อวิทยานิพนธ์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) A STUDIES THE LEARNING ACHIEVEMENT AND THE ABILITY FOR SOLVING PHYSICS PROBLEM ON GRADE 11 STUDENTS BY USING 7E LEARNING INQUIRY METHODS WITH THE PROBLEM SOLVING TECHNIQUES IN PHYSICS

2. ชื่อนิสิต นางสาววีรดา ลิมปิสวัสดิ์ **หลักสูตร** การศึกษามหาบัณฑิต

รหัสประจำตัว 62910041 **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์

☑ ภาคปกติ ☐ ภาคพิเศษ

3. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย :

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ได้พิจารณารายละเอียดวิทยานิพนธ์ เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ

1) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย

2) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการปกป้องสิทธิประโยชน์และรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัยไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มีมติเห็นชอบ ดังนี้

(✓) รับรองโครงการวิจัย

( ) ไม่รับรองโครงการวิจัย

4. วันที่ให้การอนุมัติ : 25 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564

(ลงชื่อ) พิมลพรรณ เลิศล้ำ

(ดร. พิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)
ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ตารางที่ 26 ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของคูลอมบ์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 26 ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย					4.77	0.46	มากที่สุด

ตารางที่ 27 ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้า

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 27 ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย					4.77	0.46	มากที่สุด

ตารางที่ 28 ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 28 ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย					4.77	0.46	มากที่สุด

ตารางที่ 29 ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 29 ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย					4.77	0.46	มากที่สุด

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ตารางที่ 30 ข-5 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	-1	3	0.60
2	1	1	1	1	-1	3	0.60
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	0	4	0.80
6	1	1	1	1	-1	3	0.60
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	0	4	0.80
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	1	1	1	3	0.60
14	-1	1	1	1	1	3	0.60
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	0	4	0.80
22	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 30 ข-5 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
23	1	1	1	1	1	5	1.00
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	0	4	0.80
29	1	1	1	1	1	5	1.00
30	1	1	1	1	1	5	1.00
31	1	1	1	1	1	5	1.00
32	1	1	1	1	-1	3	0.60
33	1	1	1	1	1	5	1.00
34	1	1	1	1	1	5	1.00
35	1	1	1	1	1	5	1.00
36	1	1	1	1	1	5	1.00
37	1	1	1	1	0	4	0.80
38	1	1	1	1	1	5	1.00
39	1	1	1	1	1	5	1.00
40	1	1	1	1	1	5	1.00
41	1	1	1	1	1	5	1.00
42	1	1	1	1	1	5	1.00
43	-1	1	1	1	1	3	0.60
44	-1	1	1	1	1	3	0.60
45	-1	1	1	1	1	3	0.60
46	1	1	1	1	1	5	1.00
47	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 30 ข-5 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
48	1	1	1	1	1	5	1.00
49	1	1	1	1	1	5	1.00
50	1	1	1	1	1	5	1.00
51	1	1	1	1	0	4	0.80
52	1	1	1	1	1	5	1.00
53	-1	1	1	1	1	3	0.60
54	-1	1	1	1	1	3	0.60
55	1	1	1	1	1	5	1.00
56	1	1	1	1	1	5	1.00
57	1	1	1	1	1	5	1.00
58	1	1	1	1	1	5	1.00
59	1	1	1	1	0	4	0.80
60	-1	1	1	1	1	3	0.60

หมายเหตุ : การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่สามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป

จากตารางผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 31 ข-6 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.50	0.60	ผ่าน	1	21	0.90	0.00	ไม่ผ่าน	-
2	0.45	0.90	ผ่าน	-	22	0.65	0.50	ผ่าน	11
3	0.45	0.30	ผ่าน	-	23	0.60	0.40	ผ่าน	12
4	0.65	0.30	ผ่าน	2	24	0.75	0.50	ผ่าน	-
5	0.55	0.50	ผ่าน	3	25	0.65	0.70	ผ่าน	-
6	0.75	0.30	ผ่าน	-	26	0.35	0.30	ผ่าน	13
7	0.70	0.40	ผ่าน	4	27	0.70	0.60	ผ่าน	14
8	0.30	0.40	ผ่าน	-	28	0.60	0.60	ผ่าน	-
9	0.60	0.80	ผ่าน	-	29	0.70	0.40	ผ่าน	15
10	0.80	0.40	ผ่าน	5	30	0.45	0.10	ไม่ผ่าน	-
11	0.60	0.60	ผ่าน	6	31	0.70	0.40	ผ่าน	16
12	0.85	0.30	ไม่ผ่าน	-	32	0.65	0.10	ไม่ผ่าน	-
13	0.70	0.40	ผ่าน	-	33	0.70	0.60	ผ่าน	17
14	0.65	0.30	ผ่าน	7	34	0.75	0.10	ไม่ผ่าน	-
15	0.65	0.50	ผ่าน	8	35	0.65	0.70	ผ่าน	18
16	0.80	0.40	ผ่าน	-	36	0.95	0.10	ไม่ผ่าน	-
17	0.60	0.60	ผ่าน	9	37	0.90	0.20	ไม่ผ่าน	-
18	0.55	0.70	ผ่าน	-	38	0.70	0.60	ผ่าน	19
19	0.60	0.60	ผ่าน	-	39	0.65	0.30	ผ่าน	20
20	0.55	0.50	ผ่าน	10	40	0.85	0.10	ไม่ผ่าน	-

ตารางที่ 31 ข-6 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
41	0.80	0.40	ผ่าน	-	51	0.75	0.50	ผ่าน	-
42	0.70	0.40	ผ่าน	21	52	0.65	0.50	ผ่าน	26
43	0.60	0.60	ผ่าน	22	53	0.60	0.80	ผ่าน	27
44	0.70	0.40	ผ่าน	-	54	0.70	0.40	ผ่าน	-
45	0.90	0.20	ไม่ผ่าน	-	55	0.80	0.40	ผ่าน	28
46	0.55	0.50	ผ่าน	23	56	0.55	0.70	ผ่าน	-
47	0.75	0.30	ผ่าน	-	57	0.55	0.50	ผ่าน	-
48	0.60	0.60	ผ่าน	24	58	0.50	0.80	ผ่าน	29
49	0.65	0.50	ผ่าน	-	59	0.55	0.70	ผ่าน	30
50	0.65	0.70	ผ่าน	25	60	0.45	0.50	ผ่าน	-

ตารางที่ 32 ข-7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
1	0.50	0.60
2	0.65	0.30
3	0.55	0.50
4	0.70	0.40
5	0.80	0.40
6	0.60	0.60
7	0.65	0.30
8	0.65	0.50
9	0.60	0.60
10	0.55	0.50
11	0.65	0.50
12	0.60	0.40
13	0.35	0.30
14	0.70	0.60
15	0.70	0.40
16	0.70	0.40
17	0.70	0.60
18	0.65	0.70
19	0.70	0.60
20	0.65	0.30
21	0.70	0.40
22	0.60	0.60
23	0.55	0.50
24	0.60	0.60
25	0.65	0.70

ตารางที่ 32 ข-7 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
26	0.65	0.50
27	0.60	0.80
28	0.80	0.40
29	0.50	0.80
30	0.55	0.70

หมายเหตุ : ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 30 ข้อ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (*P*) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.80
2. ค่าอำนาจจำแนก (*D*) มีค่าตั้งแต่ 0.30 – 0.80
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ของโลเวท (Lovett)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1)\sum(x_i - \mathrm{C})^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

k แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$\mathrm{x_i}$ แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

$\sum \mathrm{x_i}$ แทน ผลรวมของคะแนนทุกคน

$\sum \mathrm{x_i^2}$ แทน ผลทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

แทนค่าลงในสูตร $r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1)\sum(x_i - \mathrm{C})^2}$

$$r_{cc} = 1 - \frac{(30 \times 847) - 18349}{(30-1) \times 1738}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{7016}{50402}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.140093$$

$$r_{cc} = 0.859906$$

$$r_{cc} \approx 0.86$$

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ตารางที่ 33 ข-8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม และเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
13	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
14	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
17	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
18	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
19	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00
20	1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม 2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหากับคำตอบของโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 33 ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	5	1.00
	2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1.00

หมายเหตุ : การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่สามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป

จากตารางผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 34 ข-9 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.59	0.59	ผ่าน	1	11	0.58	0.61	ผ่าน	-
2	0.59	0.60	ผ่าน	-	12	0.60	0.60	ผ่าน	6
3	0.56	0.54	ผ่าน	2	13	0.58	0.56	ผ่าน	-
4	0.56	0.55	ผ่าน	-	14	0.56	0.61	ผ่าน	7
5	0.56	0.56	ผ่าน	3	15	0.54	0.50	ผ่าน	8
6	0.59	0.58	ผ่าน	4	16	0.61	0.63	ผ่าน	-
7	0.59	0.59	ผ่าน	-	17	0.57	0.64	ผ่าน	9
8	0.56	0.54	ผ่าน	-	18	0.56	0.54	ผ่าน	-
9	0.58	0.56	ผ่าน	-	19	0.59	0.61	ผ่าน	10
10	0.56	0.59	ผ่าน	5	20	0.58	0.61	ผ่าน	-

ตารางที่ 35 ข-10 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*
1	0.59	0.59	6	0.60	0.60
2	0.56	0.54	7	0.56	0.61
3	0.56	0.56	8	0.54	0.50
4	0.59	0.58	9	0.57	0.64
5	0.56	0.59	10	0.59	0.61

หมายเหตุ : ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 10 ข้อ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (*P*) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.54 – 0.60
2. ค่าอำนาจจำแนก (*D*) มีค่าตั้งแต่ 0.54 – 0.64
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดลองอิงเกณฑ์ของโลเวท (Lovett)

$$r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_P}$$

หาค่า MS_E จากสูตร $MS_E = \frac{SS_E}{(K-1)(n-1)}$

หาค่า MS_p จากสูตร $MS_p = \frac{SS_p}{n}$

เมื่อ $SS_E = SS_T - SS_P - SS_I$

$$SS_T = \Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}(X_{ij} - C)^2$$

$$= \Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}{}^2 - \frac{\left[\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK} + nK(\bar{X} - C)^2$$

$$SS_I = n\Sigma_{j=1}^{K}(\bar{X}_j - \bar{X})^2$$

$$= \frac{\left[\Sigma_{j=1}^{K}\Sigma_{i=1}^{n}X_{ij}\right]^2}{n} - \frac{\left[\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK}$$

$$SS_P = K\Sigma_{i=1}^{n}(\bar{X} - C)^2$$

$\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}{}^2 = 9{,}345$

$\frac{\left[\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK} = 7{,}847.834884$

$\left[\Sigma_{j=1}^{K}\Sigma_{i=1}^{n}X_{ij}\right]^2 = 337{,}945$

$\Sigma_{i=1}^{n}(\bar{X} - C)^2 = 207.65$

$\bar{X} = 4.272093$

$n = 43$

$K = 10$

$C = 5.6$

แทนค่า $SS_T = \Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}{}^2 - \frac{\left[\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK} + nK(\bar{X} - C)^2$

$= 9{,}345 - 7{,}847.834884 + 43(10)(4.272093 - 5.6)^2$

$= 2{,}255.400026$

แทนค่า $SS_I = \frac{\left[\Sigma_{j=1}^{K}\Sigma_{i=1}^{n}X_{ij}\right]^2}{n} - \frac{\left[\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK}$

$= (337{,}945/43) - 7{,}847.834884$

$= 11.351163$

แทนค่า $SS_P = K\Sigma_{i=1}^{n}(\bar{X} - C)^2$

$= 10(207.65)$

$= 2{,}076.5$

แทนค่า $SS_E = SS_T - SS_P - SS_I$

$= 2{,}255.400026 - 2{,}076.5 - 11.351163$

$= 167.548863$

แทนค่า $MS_p = \frac{ss_p}{n}$

$= 2{,}076.5 / 43$

$= 48.290697$

แทนค่า $MS_E = \frac{ss_E}{(K-1)(n-1)}$

$= 167.548863 / [(10-1)(43-1)]$

$= 0.443250$

แทนค่า $r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_P}$

$= 1 - (0.443250 / 48.290697)$

$= 1 - 0.009179$

$= 0.990821$

≈ 0.99

ตารางที่ 36 ข-11 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	13	21	23	6	22
2	7	24	24	8	26
3	9	22	25	7	22
4	7	24	26	8	24
5	10	22	27	9	21
6	7	22	28	7	22
7	7	25	29	10	21
8	5	22	30	9	24
9	10	22	31	10	21
10	8	21	32	12	22
11	6	21	33	11	22
12	8	23	34	10	22
13	11	24	35	9	23
14	6	21	36	8	23
15	5	21	37	10	22
16	5	23	38	13	22
17	10	23	39	12	22
18	10	24	40	10	24
19	10	22	41	9	22
20	13	25	42	9	25
21	8	25	43	12	25
22	9	23			
			$\bar{x}$	8.91	22.72
			SD	2.17	1.39

ตารางที่ 37 ข-12 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	22.72	43	1.386	.211
Pretest	8.91	43	2.169	.331

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.070	.654

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	13.814	2.491	.380

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest – Pretest	13.047	14.580	36.372	42	.000

ตารางที่ 38 ข-13 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	22.72	1.386	.211

One Samples Test

	Test Value = 21					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	8.144	42	.000	1.721	1.29	2.15

ตารางที่ 39 ข-14 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราธวอห์ล (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	ก่อนเรียน							หลังเรียน						
	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)
1	2	3	3	3	1	1	13	3	5	5	4	2	2	21
2	1	2	1	1	1	1	7	4	6	5	5	2	2	24
3	1	2	3	1	1	1	9	3	3	6	6	2	2	22
4	1	1	1	2	1	1	7	4	7	6	5	1	1	24
5	2	2	2	2	1	1	10	3	5	6	4	2	2	22
6	2	1	1	1	1	1	7	3	4	6	6	2	1	22
7	2	2	1	1	1	0	7	4	6	7	5	2	1	25
8	1	1	1	1	0	1	5	3	5	6	4	2	2	22
9	2	4	1	1	1	1	10	4	5	6	4	1	2	22
10	3	2	1	1	0	1	8	2	6	5	5	1	2	21
11	1	1	1	1	1	1	6	3	5	6	4	2	1	21
12	2	2	1	1	1	1	8	3	6	7	5	1	1	23
13	2	2	2	1	2	2	11	4	5	6	6	2	1	24
14	2	1	1	1	1	0	6	3	7	4	4	2	1	21
15	1	2	1	0	1	0	5	3	5	4	5	2	2	21
16	1	2	1	1	0	0	5	3	5	6	6	1	2	23
17	2	3	2	1	1	1	10	4	6	5	4	2	2	23
18	3	2	1	1	2	1	10	2	7	7	5	2	1	24
19	4	1	2	1	1	1	10	3	8	4	5	1	1	22
20	2	2	3	3	1	2	13	2	7	6	6	2	2	25

ตารางที่ 39 ข-14 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน							หลังเรียน						
	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)
21	3	2	1	1	1	0	8	4	8	6	5	1	1	25
22	1	2	2	1	1	2	9	4	5	7	4	1	2	23
23	1	1	1	2	1	0	6	4	6	4	5	2	1	22
24	1	1	1	1	2	2	8	4	6	6	6	2	2	26
25	2	1	1	1	1	1	7	3	5	5	6	2	1	22
26	3	1	1	1	1	1	8	4	6	7	4	1	2	24
27	1	2	2	2	1	1	9	3	6	5	5	1	1	21
28	1	2	3	1	0	0	7	4	5	6	4	2	1	22
29	2	1	1	2	2	2	10	4	5	4	5	1	2	21
30	1	3	1	1	2	1	9	3	8	6	4	2	1	24
31	3	1	2	2	1	1	10	3	6	4	4	2	2	21
32	4	1	3	1	1	2	12	4	5	5	5	1	2	22
33	3	1	2	2	2	1	11	3	6	5	4	2	2	22
34	2	3	2	3	0	0	10	3	5	6	4	2	2	22
35	3	1	1	2	2	0	9	4	7	5	5	1	1	23
36	1	2	1	1	1	2	8	2	6	6	6	2	1	23
37	1	2	2	2	2	1	10	3	5	6	4	2	2	22
38	4	1	1	2	3	2	13	4	6	7	3	1	1	22
39	3	2	2	2	2	1	12	4	4	6	4	2	2	22
40	4	2	2	1	1	0	10	3	7	6	6	1	1	23
41	3	2	1	1	1	1	9	3	5	6	5	1	2	21

ตารางที่ 39 ข-14 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน							หลังเรียน						
	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)	ความรู้ความจำ (4)	ความเข้าใจ (8)	การประยุกต์ใช้ (8)	การวิเคราะห์ (6)	การประเมินค่า (2)	การสร้างสรรค์ (2)	ภาพรวม (30)
42	1	2	3	2	1	0	9	4	6	6	5	2	2	24
43	2	2	1	3	2	2	12	4	7	6	4	2	2	24
$\bar{X}$	2.02	1.77	1.56	1.44	1.16	0.95	8.91	3.35	5.77	5.65	4.77	1.63	1.56	22.63
SD	0.99	0.72	0.73	0.70	0.65	0.69	2.17	0.65	1.09	0.90	0.81	0.49	0.50	1.33

ตารางที่ 40 ข-15 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ความจำก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	3.35	43	.650	.099
Pretest	2.02	43	.988	.151

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	-.013	.934

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	1.326	1.190	.181

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	.959	1.692	7.307	42	.000

ตารางที่ 41 ข-16 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความเข้าใจ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	5.77	43	1.088	.166
Pretest	1.77	43	.718	.110

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	-.071	.652

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	4.000	1.345	.205

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	3.586	4.414	19.499	42	.000

ตารางที่ 42 ข-17 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	5.65	43	.897	.138
Pretest	1.56	43	.734	.112

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	-.059	.707

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	4.093	1.192	.182

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	3.726	4.460	22.526	42	.000

ตารางที่ 43 ข-18 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	4.77	43	.812	.124
Pretest	1.44	43	.700	.107

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	-.276	.074

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	3.326	1.210	.184

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	2.953	3.698	18.030	42	.000

ตารางที่ 44 ข-19 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประเมินค่า ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	1.63	43	.489	.075
Pretest	1.16	43	.652	.099

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.045	.774

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	.465	.797	.122

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	.220	.710	3.825	42	.000

ตารางที่ 45 ข-20 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการสร้างสรรค์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	1.56	43	.502	.077
Pretest	.95	43	.688	.105

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.214	.167

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	.605	.760	.116

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	.371	.839	5.215	42	.000

ตารางที่ 46 ข-21 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ความจำ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	3.35	.650	.099

One Samples Test

	Test Value = 2.8					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	5.533	42	.000	.549	.35	.75

ตารางที่ 47 ข-22 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความเข้าใจ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	5.77	1.088	.166

One Samples Test

	Test Value = 5.6					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	1.010	42	.318	.167	-.17	.50

ตารางที่ 48 ข-23 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	5.65	.897	.137

One Samples Test

	Test Value = 5.6					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	.374	42	.710	0.51	-.22	.33

ตารางที่ 49 ข-24 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการวิเคราะห์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	4.77	.812	.124

One Samples Test

	Test Value = 4.2					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	4.584	42	.000	.567	.32	.82

ตารางที่ 50 ข-25 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการประเมินค่า หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	1.63	.489	.075

One Samples Test

	Test Value = 1.4					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	3.056	42	.004	.228	.08	.38

ตารางที่ 51 ข-26 ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการสร้างสรรค์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	1.56	.502	.077

One Samples Test

	Test Value = 1.4					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	2.064	42	.045	.158	.00	.31

ตารางที่ 52 ข-27 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	16	76	23	5	68
2	6	73	24	6	58
3	7	72	25	8	60
4	5	69	26	12	63
5	14	63	27	7	54
6	9	58	28	13	74
7	7	57	29	5	71
8	4	67	30	8	58
9	10	66	31	6	62
10	11	68	32	3	56
11	6	53	33	4	62
12	8	61	34	6	50
13	11	64	35	3	48
14	6	53	36	6	50
15	10	56	37	7	52
16	9	65	38	9	47
17	4	60	39	7	53
18	8	48	40	5	56
19	10	67	41	8	53
20	8	76	42	4	58
21	7	73	43	17	54
22	7	72			
			$\bar{X}$	7.72	60.53
			SD	3.22	7.75

ตารางที่ 53 ข-28 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	60.53	43	7.753	1.182
Pretest	7.72	43	3.224	.492

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.515	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	52.814	6.691	1.020

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	50.755	54.873	51.757	42	.000

ตารางที่ 54 ข-29 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	60.53	7.753	1.182

One Samples Test

	Test Value = 56					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	3.835	42	.000	4.535	2.15	6.92

ตารางที่ 55 ข-30 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์							
	ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา		ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา		ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบคำตอบ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	6	20	6	20	2	18	2	18
2	3	19	3	18	0	18	0	18
3	3	19	2	18	1	18	1	17
4	3	18	2	17	0	17	0	17
5	5	17	5	16	2	15	2	15
6	4	16	3	14	1	14	1	14
7	3	16	2	15	1	13	1	13
8	2	17	2	17	0	17	0	16
9	4	17	2	17	2	16	2	16
10	5	17	4	17	1	17	1	17
11	3	15	3	14	0	14	0	10
12	4	17	4	16	0	14	0	14
13	5	18	2	18	2	16	2	12
14	3	14	3	13	0	13	0	13
15	4	14	2	14	2	14	2	14
16	4	17	3	16	1	16	1	16
17	2	16	2	16	0	14	0	14
18	4	12	2	12	1	12	1	12
19	5	18	3	17	1	16	1	16

ตารางที่ 55 ข-30 (ต่อ)

คนที่	เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์							
	ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา		ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา		ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบคำตอบ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
20	4	18	4	18	0	16	0	16
21	4	16	3	14	0	14	0	14
22	4	16	3	15	0	15	0	14
23	3	17	2	16	0	15	0	15
24	3	14	3	14	0	13	0	13
25	5	19	1	19	1	18	1	18
26	4	18	4	18	2	18	2	17
27	4	15	3	15	0	14	0	14
28	4	16	3	16	3	15	3	15
29	3	14	2	14	0	14	0	14
30	4	16	4	16	0	15	0	15
31	3	14	3	12	0	12	0	12
32	2	14	1	12	0	11	0	11
33	2	13	2	13	0	13	0	11
34	3	14	3	14	0	12	0	12
35	2	13	1	12	0	12	0	10
36	3	14	3	14	0	13	0	12
37	3	14	2	14	1	14	1	14
38	4	14	3	13	1	13	1	13
39	4	15	3	15	0	14	0	14
40	3	14	2	14	0	13	0	13

ตารางที่ 55 ข-30 (ต่อ)

คนที่	เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์							
	ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา		ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา		ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบคำตอบ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
41	4	16	4	16	0	16	0	15
42	2	17	2	16	0	16	0	16
43	5	19	5	18	4	18	3	17
$\bar{X}$	3.58	15.98	2.81	15.42	0.67	14.79	0.65	14.35
SD	0.98	1.96	1.08	2.04	0.97	1.96	0.90	2.14

ตารางที่ 56 ข-31 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	15.98	43	1.958	.299
Pretest	3.58	43	.982	.150

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.490	.001

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	12.395	1.706	.260

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	11.870	12.920	47.637	42	.000

ตารางที่ 57 ข-32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียนวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	15.42	43	2.038	.311
Pretest	2.81	43	1.075	.164

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.384	.011

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	12.605	1.904	.290

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	12.019	13.191	43.408	42	.000

ตารางที่ 58 ข-33 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	14.79	43	1.959	.299
Pretest	.67	43	.969	.148

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.415	.006

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	14.116	1.789	.273

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	13.566	14.667	51.743	42	.000

ตารางที่ 59 ข-34 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นตรวจสอบคำตอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest	14.35	43	2.137	.326
Pretest	.65	43	.897	.137

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	43	.351	.021

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest – Pretest	13.698	2.006	.306

Paired Samples Test

	Paired Differences		*t*	*df*	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval Of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Posttest - Pretest	13.080	14.315	44.769	42	.000

ตารางที่ 60 ข-35 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	15.98	1.958	.299

One Samples Test

	Test Value = 14					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	6.621	42	.000	1.977	1.37	2.58

ตารางที่ 61 ข-36 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	15.42	2.038	.311

One Samples Test

	Test Value = 14					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	4.564	42	.000	1.419	.79	2.05

ตารางที่ 62 ข-37 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	14.79	1.959	.299

One Samples Test

	Test Value = 14					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	2.647	42	.011	.791	.19	1.39

ตารางที่ 63 ข-38 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขั้นตรวจสอบคำตอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One Samples Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	43	14.35	2.137	.326

One Samples Test

	Test Value = 14					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	1.071	42	.290	.349	-.31	1.01

ภาคผนวก ค

- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)
ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี | รายวิชา ฟิสิกส์ 4 (ว 30204)
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 | ภาคเรียนที่ 2 / 2563
หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต | เรื่อง สนามไฟฟ้า
เวลา 5 คาบ (250 นาที) | ผู้สอน นางสาววีรดา ลิมปิสวัสดิ์

ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

สาระสำคัญ

รอบประจุไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะมีสนามไฟฟ้า (Electric field) ที่แผ่ออกไปทั่วอวกาศ (Space) เมื่อประจุไฟฟ้าอีกประจุหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุดังกล่าวก็จะรับรู้ถึงแรงไฟฟ้าที่ประจุนั้นกระทำได้มีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อจุดประจุบวกขนาดหนึ่งหน่วย ซึ่งวาง ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$

สนามไฟฟ้าของจุดประจุ ณ ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะทาง r หาได้จากสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ สนามไฟฟ้าของระบบประจุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นต่อเนื่องแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุมีทิศอยู่ในแนวพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมี ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นเดียว ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่ง ๆ แสดงถึงขนาดของสนามไฟฟ้าในบริเวณนั้น ๆ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์จะไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านเรียกว่า จุดสะเทิน (Neutral point)

สำหรับตัวนำทรงกลมประจุไฟฟ้าจะกระจายอย่างสม่ำเสมอบริเวณผิวตัวนำและสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม มีทิศตั้งฉากกับผิวตัวนำต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม หาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีประจุ Q เท่ากัน แต่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม ตามสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

เมื่อนำประจุ q มวล m วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีแรงไฟฟ้าทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากแรงไฟฟ้า ตามสมการ $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$

เมื่อนำประจุไปอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของประจุนั้น เมื่อประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ไฟฟ้าและพลังงานจลน์ของประจุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

เมื่อประจุ q อยู่ในสนามไฟฟ้า ทำให้มีพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของประจุ จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ ณ ตำแหน่งนั้น เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้า (Electric field) ตามสมการ $V = \frac{U}{q}$ ดังนั้น นักเรียนจะต้องเข้าใจหลักการของสนามไฟฟ้า เพื่อสามารถนำไปใช้ อธิบายสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า และเป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องต่อไป ได้แก่ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ และตัวเก็บประจุ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้

1.2 นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้

1.3 นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้

2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2.1 นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้

2.2 นักเรียนสามารถคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้

2.3 นักเรียนสามารถคำนวณแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

3.1 นักเรียนมีระเบียบวินัย

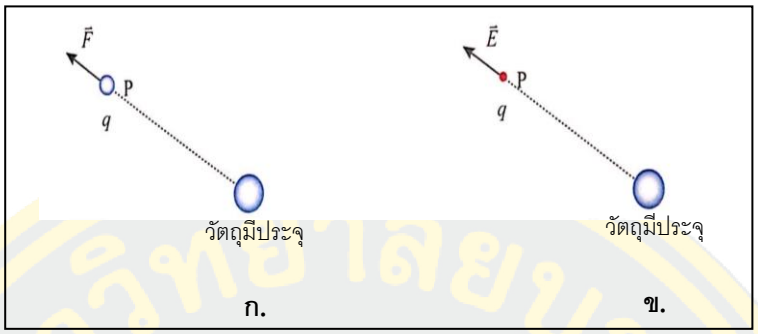
3.2 นักเรียนมีความสนใจใฝ่เรียนรู้

3.3 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของสนามไฟฟ้า

บริเวณหนึ่งมีสนามไฟฟ้าได้ โดยนำประจุบวก q เรียกว่า ประจุทดสอบ (outer space) ไปวาง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ หากมีแรงไฟฟ้า $\vec{F}$ กระทำต่อประจุทดสอบ ณ ตำแหน่งนั้น แสดงว่าตำแหน่งนั้นมีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ดังรูป ก. มีแรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุที่จุด P แสดงว่ามีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่จุด P เนื่องจากวัตถุมีประจุ ดังรูป ข.



รูป ก. แรงไฟที่กระทำต่อประจุ q

ข. สนามไฟฟ้าที่จุด P

สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่จุด P เนื่องจากวัตถุที่มีประจุ นิยามได้เป็น

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

โดยประจุทดสอบ q ควรมีค่าประจุน้อย ๆ หากประจุทดสอบมีค่าประจุมาก สนามไฟฟ้าจากประจุทดสอบจะไปเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าในบริเวณที่พิจารณาได้ สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่น เดียวกับแรงไฟฟ้า มีหน่วยเป็นนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C) และมีทิศทางเดียวกับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกที่ใช้ทดสอบ แต่จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบเมื่อวางในสนามไฟฟ้า

2. สนามไฟฟ้าของจุดประจุ

แรงไฟฟ้าที่กระทำระหว่างสองจุดประจุ เกิดจากประจุไฟฟ้าหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของอีกประจุไฟหนึ่ง เช่น ให้ประจุ q เป็นประจุทดสอบที่อยู่ในสนามไฟฟ้าที่มาจากประจุ Q ซึ่งเป็นประจุต้นกำเนิด (source charge) ณ ตำแหน่งห่างเป็นระยะทาง r

จากกฎของคูลอมบ์ $E = \frac{kQ}{r^2}$

และ $E = \frac{F}{q}$

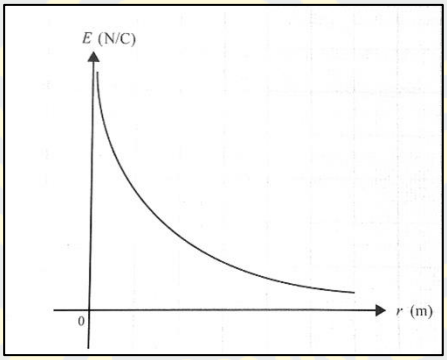
จะได้ว่า สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ที่ห่างจากประจุ Q เป็นระยะทาง r มีค่า คือ

$$E = \frac{\left(\frac{kqQ}{r^2}\right)}{q}$$

นั่นคือ

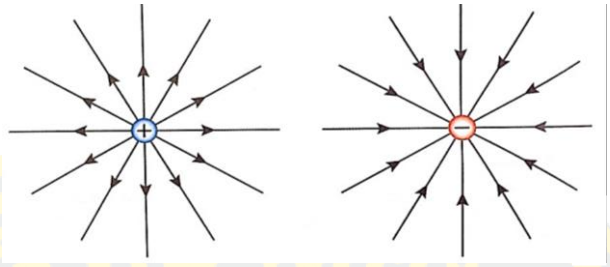
$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

จากสมการข้างต้น ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q โดยสนามไฟฟ้ามีค่ามากเมื่ออยู่ใกล้จุดประจุต้นกำเนิดและมีค่าลดลงเมื่อไกลออกไป กราฟระหว่างสนามไฟฟ้า (E) กับระยะห่าง (r) จากประจุต้นกำเนิดแสดง ดังรูป



รูปกราฟระหว่างขนาดสนามไฟฟ้า (E) กับระยะห่างจากจุดประจุ (r)

เนื่องจากทิศทางของสนามไฟฟ้า พิจารณาจากแรงกระทำต่อประจุบวกทดสอบ และเนื่องจากประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุชนิดตรงข้ามกันดึงดูดกัน จะสรุปได้ว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำหนดที่เป็นประจุบวก และเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ แสดงดังรูป ก. และ ข.



ก. ข.

รูป ก. ทิศทางของสนามไฟฟ้าที่จุด P ห่างจากประจุต้นกำเนิด +Q เป็นระยะ r

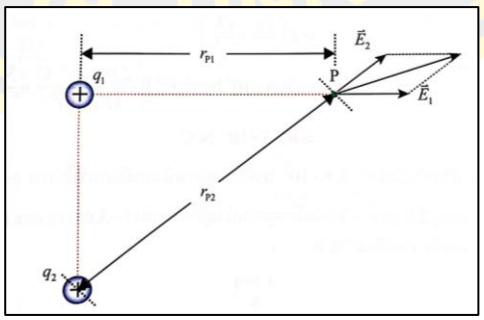
ข. ทิศทางของสนามไฟฟ้าที่จุด P ห่างจากประจุต้นกำเนิด −Q เป็นระยะ r

3. สนามไฟฟ้าของระบบประจุ

สำหรับระบบประจุ N ประจุ สนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

$$\vec{\mathrm{E}} = \vec{\mathrm{E}}_1 + \vec{\mathrm{E}}_2 + \cdots + \vec{\mathrm{E}}_\mathrm{N}$$
$$\vec{\mathrm{E}}_1 = \sum_{i=1}^{N} \vec{\mathrm{E}}_\mathrm{i}$$

เช่น สนามไฟฟ้าของระบบประจุ 2 ประจุ และการรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง P



รูปสนามไฟฟ้าที่ตำแหนาง P จาก 2 ประจุ

4. เส้นสนามไฟฟ้า

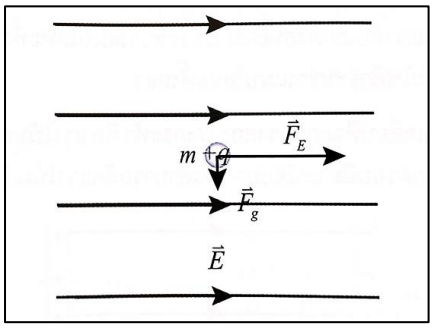
สนามไฟฟ้ามีอยู่ในบริเวณที่มีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุทดสอบ โดยสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวก และมีทิศทางเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ ทิศทางของสนามไฟฟ้าดังกล่าว นำมาใช้เป็นเส้นต่อเนื่องในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า เรียกว่า เส้นสนามไฟฟ้า (electric field line) สนามไฟฟ้าของตัวนำ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในที่ว่างภายในตัวนำรูปทรงใด ๆ มีค่าเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งติดกับผิวของตัวนำจะมีทิศทางตั้งฉากกับผิวเสมอ

เส้นสนามไฟฟ้า เป็นเส้นที่ใช้เพื่อแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบ ๆ ประจุไฟฟ้า บริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าหนาแน่นมาก สนามไฟฟ้าที่บริเวณนั้นมีค่ามาก บริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าหนาแน่นน้อย สนามไฟฟ้าที่บริเวณนั้นมีค่าน้อย เส้นสนามไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ สนามไฟฟ้าในบริเวณดังกล่าวจะมีค่าสม่ำเสมอเช่นกัน และสนามไฟฟ้าเนื่องจากแผ่นตัวนำขนานกันที่มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า หมายถึง จุดใด ๆ ในสนามไฟฟ้า ซึ่งมีค่าของสนามไฟฟ้าลัพธ์เป็นศูนย์ เนื่องจากจุดนั้นอาจมีสนามไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดสองสนามที่มีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากัน แต่ทิศทาง ตรงข้าม หรือ ณ จุดนั้น มีสนามไฟฟ้ามากกว่าสองสนาม แต่ค่าของสนามไฟฟ้าและทิศทางของสนามไฟฟ้าเหล่านั้นอยู่ในลักษณะที่ทำให้สนามไฟฟ้าหักล้างกันหมด

5. แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

เมื่อนำประจุบวก q มวล m วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ บนโลก แรงที่กระทำต่อประจุมี 2 แรง คือ แรงโน้มถ่วง ($\vec{F}_g$) และแรงไฟฟ้า ($\vec{F}_E$) แสดงดังรูป



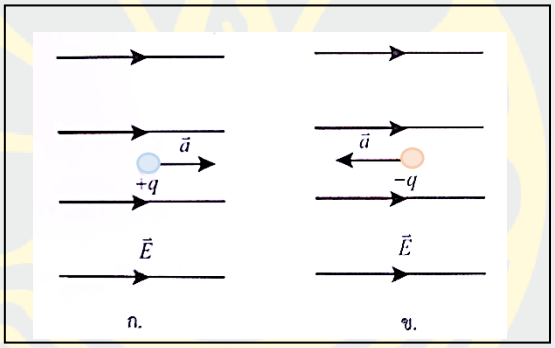
รูปแรงที่กระทำต่อประจุบวก q ที่อยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

ในกรณีมวล m น้อยมาก แรงโน้มถ่วงจะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงไฟฟ้า จึงอาจไม่พิจารณาแรงโน้มถ่วง ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ คือ แรงไฟฟ้าซึ่งมีค่า $q\vec{E}$ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตัน จะได้

$$m\vec{a} = \vec{F}_E = q\vec{E}$$

ประจุไฟฟ้าจึงมีความเร่ง $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$

ถ้าสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ สม่ำเสมอ (คงตัวทั้งขนาดและทิศทาง) ความเร่งจะมีค่าคงตัว โดยความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุบวก และมีทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุลบแสดงดังรูป ก. และ ข.



รูป ก. ทิศทางความเร่งของประจุบวก q ในสนามไฟฟ้า
ข. ทิศทางความเร่งของประจุลบ q ในสนามไฟฟ้า

กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase)

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิม เรื่อง กฎของคูลอมบ์ และสมการการหาระหว่างประจุไฟฟ้าตามที่นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้มาแล้วจากชั่วโมงก่อนหน้านี้

1.2 ครูทบทวนการพิจารณาสนามโน้มถ่วงจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวล จากนั้นอภิปรายต่อเกี่ยวกับการพิจารณาสนามไฟฟ้าจากแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เกี่ยวกับสนาม จนสรุปได้ว่า รอบประจุไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะมีสนามไฟฟ้าที่แผ่ออกไปทั่วอวกาศ (space) เมื่อประจุไฟฟ้าอีกประจุหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุดังกล่าว ก็จะรับรู้ถึงแรงไฟฟ้าที่ประจุนั้น ๆ กระทำได้ ซึ่งประจุที่นำไปวางในสนามไฟฟ้าเป็นประจุที่ถูกแรงกระทำ ส่วนประจุที่ให้สนามไฟฟ้าเป็นประจุออกแรงกระทำ

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase)

2.1 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันพิจารณาหาคำตอบ ถ้าครูต้องการจะทราบว่า บริเวณ ณ ตำแหน่งใดมีสนามไฟฟ้าบ้าง นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบสนามไฟฟ้านี้ได้อย่างไร ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง (แนวการตอบ : ตรวจสอบได้โดยนำประจุทดสอบ q ไปวางไว้ ณ ตำแหน่งนั้น ถ้ามีแรงกระทำกับประจุทดสอบ q แสดงว่าตำแหน่งนั้นมีสนามไฟฟ้า ถ้าไม่มีแรงกระทำก็แสดงว่าไม่มีสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น การทดสอบสนามไฟฟ้าควรใช้ประจุทดสอบที่มีค่าประจุน้อย ๆ เพื่อจะได้ไม่ไปเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าในบริเวณที่พิจารณา สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางเดียวกับทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุบวก +q ที่ใช้ทดสอบ แต่สนามไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงกระทำต่อประจุลบ –q ที่วางในสนามไฟฟ้า)

2.2 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่า แรงไฟฟ้าที่กระทำระหว่างสองจุดประจุเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าอย่างไร (แนวการตอบ : แรงไฟฟ้าที่กระทำระหว่างสองจุดประจุเกิดจากจุดประจุหนึ่งที่อยู่ในสนามไฟฟ้าของอีกจุดประจุหนึ่งจึงมีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน)

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase)

3.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5-6 คน ที่มีความสามารถคละกัน เพื่อทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน

3.2 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่า ทิศทางของสนามไฟฟ้าจากประจุต้นกำเนิด +Q และ -Q เป็นอย่างไร (แนวการตอบ : สนามไฟฟ้าของประจุต้นกำเนิดมีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิด

ที่เป็นประจุบวกและเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ เมื่อมีประจุ +q วางอยู่ในสนามไฟฟ้า ทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุ +q จะมีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า แต่ถ้าให้ประจุ -q อยู่ในสนามไฟฟ้าดังกล่าว ทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุ -q จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของสนามไฟฟ้า)

3.3 ครูอธิบายวิธีการสาธิตจากใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า และบอกข้อควรระวังในการสาธิตแก่นักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตเส้นสนามไฟฟ้าโดยการโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้นและมีขั้วไฟฟ้าวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ และให้นักเรียนตอบคำถามลงในใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

3.4 ครูอภิปรายเกี่ยวกับเส้นสนามไฟฟ้า เป็นเส้นต่อเนื่องที่แสดงทิศทางสนามไฟฟ้าในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า เรียกว่า เส้นสนามไฟฟ้า (electric field line)

3.5 ต่อมาครูตั้งคำถามนักเรียนว่า ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้ากี่เส้นและตัดกันได้หรือไม่ (แนวการตอบ : เส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นหนึ่ง นั่นคือ เส้นสนามไฟฟ้าจะไม่ตัดกันได้)

3.6 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่า เส้นสนามไฟฟ้าของระบบสองประจุที่เหมือนกันจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ : กรณีระบบสองประจุเป็นประจุบวกเหมือนกันเส้นสนามไฟฟ้าจะออกจากประจุบวกทั้งสองประจุ โดยโค้งแยกออกจากกันทำให้เกิดตำแหน่งที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้นสนามไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่า จุดสะเทิน)

3.7 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่า ถ้าตัวนำวงกลมที่มีประจุมีเพียงวงเดียวจะพิจารณาสนามไฟฟ้าได้อย่างไร (แนวการตอบ : สนามไฟฟ้าของตัวนำวงกลมวงเดียวพิจารณาได้ทำนองเดียวกับตัวนำวงกลมสองวงวางซ้อนกัน โดยที่ตัวนำวงกลมวงนอกมีรัศมีมากกว่าวงในมาก ๆ สนามไฟฟ้าภายในและภายนอกตัวนำวงในยังมีลักษณะเช่นเดิม ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะสนามไฟฟ้าของตัวนำวงกลมใด ๆ ที่มีประจุไฟฟ้า)

3.8 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่า ถ้าหากนำประจุ +Q วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ $\vec{E}$ จะมีแรงใดบ้างกระทำต่อประจุนี้ (แนวการตอบ : มีแรง 2 แรงกระทำต่อประจุ ได้แก่ แรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วง ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ความเร่งมีค่าคงตัว ส่วนทิศทางของความเร่งจะมีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้าหรือมีทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าเป็นบวกหรือลบ ตามลำดับ

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation phase)

4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน นำเสนอข้อมูลผลจากการสังเกตการสาธิตเส้นสนามไฟฟ้าหน้าชั้นเรียน

4.2 หลังจากที่ทุกกลุ่มนำเสนอนำเสนอข้อมูลจากการสังเกตการสาธิตเส้นสนามไฟฟ้าครบเรียบร้อยแล้ว ครูสรุปผลการสาธิตที่ได้จากแต่ละกลุ่มอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนทุกกลุ่มได้เข้าใจตรงกันอย่างชัดเจน

4.3 ครูอธิบายเกี่ยวกับการหาสนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ q ที่ตำแหน่งห่างจากจุดประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะ r จนสรุปได้ว่า ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุต้นกำเนิด Q แปรผันตรงกับค่าประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุต้นกำเนิด Q โดยสนามไฟฟ้ามีค่ามากเมื่ออยู่ใกล้ประจุต้นกำเนิดและมีค่าลดลงเมื่ออยู่ไกลออกไป สามารถเขียนกราฟระหว่างสนามไฟฟ้ากับระยะห่างจากประจุต้นกำเนิดได้ดังรูปในหนังสือเรียน

4.4 ครูอธิบายเกี่ยวกับเส้นสนามไฟฟ้า จนสรุปได้ว่า เส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุมีทิศทางพุ่งออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุลบ ซึ่งหากพิจารณาระบบประจุสองประจุต่างชนิดกัน เส้นสนามไฟฟ้าจะพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบ

4.5 ครูอธิบายการหาสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ที่เกิดจากระบบประจุจนสรุปได้ว่า สนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ จะมีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าแต่ละจุดประจุ

4.6 ครูอธิบายเกี่ยวกับความหนาแน่นเส้นสนามไฟฟ้า จนสรุปได้ว่า ความหนาแน่นเส้นสนามไฟฟ้า หมายถึง จำนวนเส้นสนามไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ความหนาแน่นเส้นสนามไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับขนาดสนามไฟฟ้า โดยความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่ง ๆ แสดงถึงขนาดสนามไฟฟ้า ณ บริเวณนั้น ๆ ถ้าความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าบริเวณใดมาจะแสดงถึงขนาดสนามไฟฟ้าบริเวณนั้นมีค่ามากด้วยเช่นกัน

4.7 ครูอธิบายเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้า จนสรุปได้ว่า ตัวนำทรงกลมจะมีประจุไฟฟ้ากระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำทรงกลมและมีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น และต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม และสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุ Q ที่ตำแหน่งใด ๆ ตั้งแต่ผิวตัวนำทรงกลมออกไป ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางตัวนำทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จากสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

4.8 ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ใบความรู้ เรื่อง สนามไฟฟ้า

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase)

5.1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยครูจะยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถซักถามกันได้เมื่อมีข้อสงสัย

ตัวอย่างที่ 1 เมื่อนำประจุไฟฟ้าขนาด -3×10^{-6} คูลอมบ์ ไปวาง ณ จุด ๆ หนึ่ง ปรากฏว่ามีแรง 9×10^{-6} นิวตัน กระทำต่อประจุนี้ในทิศทาง –X ขนาดสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใดและมีทิศทางใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ประจุไฟฟ้า -3 C ($Q = -3 \times 10^{-6}$ C)

……

2). แรงไฟฟ้า 9×10^{-6} N ($F = 9 \times 10^{-6}$ N)

……

3). กระทำต่อประจุนี้ในทิศทาง –X

……

……

……

……

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใดและมีทิศทางใด ($E = ?$)

……

……

……

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

แรงกระทำต่อประจุนี้ในทิศทาง –X

……

……

……

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q = -3 \times 10^{-6}$ C, $F = 9 \times 10^{-6}$ N, $E = ?$

……

……

……

……

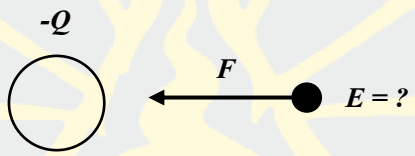
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวาง ณ จุด ๆ หนึ่ง แล้วพบว่ามีแรงกระทำต่อประจุนั้น ซึ่งแรงดังกล่าว
เป็นแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า สามารถหาขนาดสนามไฟฟ้าได้จาก $E = \frac{F}{q}$ ส่วนทิศทางของ
สนามไฟฟ้าจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงเนื่องจากประจุที่ไปวางเป็นประจุลบ

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

ขนาดของสนามไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;
สมการ : $E = \frac{F}{q}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q = -3 \times 10^{-6}$ C, $F = 9 \times 10^{-6}$ N, $E = ?$
ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{F}{q}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{F}{q}$

แทนค่าลงในสมการ $E = \frac{(9 \times 10^{-6} N)}{(3 \times 10^{-6} C)}$

จะได้ $E = 3\ N/C$

ประจุไฟฟ้าที่นำไปวางเป็นประจุลบ แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกับแรงกระทำต่อประจุ เนื่องจากแรงมีทิศทาง –X จะได้ว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทาง +X

ดังนั้น สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทาง +X

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทาง +X

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทาง +X

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ สนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

ตัวอย่างที่ 2 จงหาสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งห่างจากประจุไฟฟ้าขนาด 4×10^{-6} คูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^{9}\ N.m^2/C^2$)

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ประจุไฟฟ้าขนาด 4 คูลอมบ์ ($Q = 4 \times 10^{-6}\ C$)

2). ระยะห่าง $r = 10\ cm$ หรือ $10 \times 10^{-2}\ m$

3). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^{9}\ N.m^2/C^2$

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

สนามไฟฟ้า ($E = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q = 4 \times 10^{-6}\ C$, $r = 10 \times 10^{-2}\ m$, $k = 9 \times 10^{9}\ N.m^2/C^2$, $E = ?$

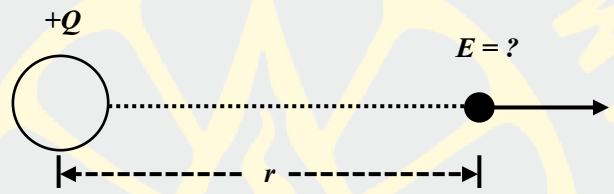
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : E = $\frac{kQ}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q = 4 \times 10^{-6}\ C$, $r = 10 \times 10^{-2}\ m$, $k = 9 \times 10^{9}\ N.m^2/C^2$, $E = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : E = $\frac{kQ}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

แทนค่าลงในสมการ $E = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$

$E = \frac{36 \times 10^3}{10 \times 10^{-4}}$

จะได้ $E = 3.6 \times 10^6$ *N/C*

ประจุต้นกำเนิดเป็นประจุบวก แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิด

ดังนั้น สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3.6×10^6 *นิวตันต่อคูลอมบ์ และมีทิศทางออกจากประจุ*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3.6×10^6 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3.6×10^6 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ สนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์

5.2 ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยครูนำโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า มาให้นักเรียนได้ฝึกทำการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น 4 ขั้นตอน ครูให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย

<u>โจทย์ปัญหาฟิสิกส์</u>

1. ประจุลบขนาด 2.5 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ในสนามไฟฟ้า เกิดแรงกระทำต่อประจุนี้ขนาด 1.2×10^5 นิวตัน ทิศทางไปทางซ้าย ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใด และมีทิศทางใด

5.3 ครูเขียนชื่อขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 4 ขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนได้แสดงวิธีทำการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

5.4 ครูทำการเฉลยคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา และถ้าหากว่านักเรียนแสดงวิธีทำแล้วผิดในส่วนไหนให้นักเรียนทำการแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้องด้วยปากกาสีแดง จากนั้นครูทำการเฉลยคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนี้

<u>โจทย์ปัญหาฟิสิกส์</u>

1. ประจุลบขนาด 2.5 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ในสนามไฟฟ้าเกิดแรงกระทำต่อประจุนี้ขนาด 1.2×10^5 นิวตัน ทิศทางไปทางซ้าย ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใด และมีทิศทางใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ขนาดของประจุไฟฟ้า 2.5 ไมโครคูลอมบ์ ($Q = 2.5 \times 10^{-6}$ C)

……

2). ขนาดของแรง 1.2×10^5 นิวตัน ($F = 1.2\times10^5$ N)

……

……

……

……

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใดและมีทิศทางใด ($E = ?$)

……

……

……

……

……

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q = 2.5 \times 10^{-6}$ C, $F = 1.2 \times 10^{5}$ N, $E = ?$

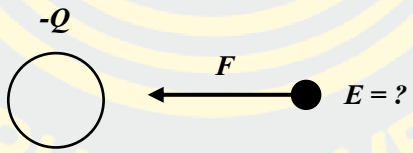
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวาง ณ จุด ๆ หนึ่ง แล้วพบว่ามีแรงกระทำต่อประจุนั้น ซึ่งแรงดังกล่าวเป็นแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า สามารถหาขนาดสนามไฟฟ้าได้จาก $E = \frac{F}{q}$ ส่วนทิศทางของสนามไฟฟ้าจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงเนื่องจากประจุที่ไปวางเป็นประจุลบ

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

ขนาดของสนามไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $E = \frac{F}{q}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q = 2.5 \times 10^{-6}$ C, $F = 1.2 \times 10^{5}$ N, $E = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{F}{q}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{F}{q}$

แทนค่าลงในสมการ $E = \frac{(1.2 \times 10^{5} N)}{(2.5 \times 10^{-6} C)}$

จะได้ $E = 4.8 \times 10^{10}$ N/C

ดังนั้น สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.8×10^{10} นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทางไปทางขวา

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.8×10^{10} นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทางไปทางขวา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.8×10^{10} นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทางไป

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ สนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

5.5 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเรื่อง สนามไฟฟ้า และให้นักเรียนได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น 4 ขั้นตอน ในแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)

6.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมจากใบงานเรื่อง สนามไฟฟ้า และแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า สำหรับฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้นักเรียนใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้ง 4 ขั้นตอนตามที่ครูได้อธิบายไว้ในขั้นที่ 5

6.2 หากนักเรียนทำแบบฝึกหัดไม่เสร็จตามที่กำหนด ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดส่งเป็นการบ้าน

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase)

7.1 ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียน เรื่อง สนามไฟฟ้า แล้วตั้งคำถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าสนามไฟฟ้าจะส่งผลกระทบหรือได้รับอันตรายต่อคนและสัตว์อย่างไร (แนวการตอบ : กรณีถ้าเรายืนอยู่ใต้สายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีการติดตั้งตามมาตรฐานแล้ว สนามไฟฟ้าจะผ่านร่างกายโดยจะมีประจุไฟฟ้ากระจายสะสมบนผิวของร่างกายและ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงสู่พื้นดินอาจส่งผลกระทบต่อคนและสัตว์ได้โดยตรง)

อุปกรณ์ / สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. ชุดอุปกรณ์สาธิตเส้นสนามไฟฟ้า
3. ใบความรู้ เรื่อง สนามไฟฟ้า
4. ใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า
5. ใบงาน เรื่อง สนามไฟฟ้า
6. แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า
7. แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือใช้	เกณฑ์กระประเมิน
1. ด้านความรู้ (K) - นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้ - นักเรียนสามารถอธิบายสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้ - นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้	- การตอบคำถาม - ตรวจสอบจากการตอบคำถามในใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า - ตรวจสอบจากการตอบคำถามในใบงาน เรื่อง สนามไฟฟ้า	- คำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ - ใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า - ใบงาน เรื่อง สนามไฟฟ้า	- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง
2. ทักษะกระบวนการ (P) - นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้ - นักเรียนสามารถคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุได้ - นักเรียนสามารถคำนวณแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้	- ตรวจจากการตอบคำถามในแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า	- แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า	- นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือใช้	เกณฑ์กระประเมิน
3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) - นักเรียนมีระเบียบวินัย - นักเรียนมีความสนใจใฝ่เรียนรู้ - นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	- ตรวจจากแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังสอนแผนการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่ ...../...../.....

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		4	3	2	1
1. มีระเบียบวินัย	1. ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของและโรงเรียน มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันมีความรับผิดชอบ				
2. กระตือรือร้นใฝ่เรียนรู้	1. ตั้งใจเรียน				
	2. เอาใจใส่ในการเรียน และมีความเพียรพยายามในการเรียน				
	3. เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ				
	4. ศึกษาค้นคว้า หาความรู้จากหนังสือ เอกสาร สิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยีต่างๆ แหล่งการเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน และเลือกใช้สื่อได้อย่างเหมาะสม				
	5. บันทึกความรู้ วิเคราะห์ ตรวจสอบบางสิ่งที่เรียนรู้ สรุปเป็นองค์ความรู้				
	6. แลกเปลี่ยนความรู้ ด้วยวิธีการต่างๆ และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน				
3. มุ่งมั่นในการทำงาน	1. มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
	2. มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

วันที่ ...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 4 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัตินานๆ ครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน คะแนนเต็ม 36 คะแนน

คะแนน 28 – 36 หมายถึง ดีมาก คะแนน 20 – 27 หมายถึง ดี

คะแนน 10 – 18 หมายถึง พอใช้ คะแนน 1 – 9 หมายถึง ปรับปรุง

ใบความรู้ เรื่อง สนามไฟฟ้า

■ สนามไฟฟ้า (Electric field)

การนำประจุไฟฟ้าไปวางไว้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กันในบริเวณรอบ ๆอีกประจุหนึ่ง จะพบว่ามีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุที่นำไปวางเสมอ ในกรณีเช่นนี้เรากล่าวว่ามี สนามไฟฟ้า เรียกประจุที่นำไปวางนั้นว่า ประจุทดสอบ ดังรูป 1

รูป 1. แรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุทดสอบ +q

เมื่อ + q เป็นประจุทดสอบไปวาง ณ จุดใด ๆ ในบริเวณรอบ ๆ ประจุ +Q แรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าของ +q ตามกฎของคูลอมบ์ นั่นคือ แรงกระทำกับประจุที่นำไปวางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับค่าของประจุทดสอบ

ในทางกลับกันประจุทดสอบก็จะส่งแรงกระทำต่อประจุเจ้าของสนามที่วางอยู่เดิมด้วยขนาดแรง F นี้เช่นกัน ดังนั้น ถ้าขนาดประจุทดสอบมีค่ามากแรงกระทำนี้ก็จะมีค่ามากด้วย ซึ่งอาจส่งผลให้การวางตัวของประจุที่ทำให้เกิดสนามเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนี้ประจุทดสอบจะมีผลทำให้สนามในบริเวณรอบ ๆ ประจุเดิมมีค่าเปลี่ยนไปเพราะบริเวณรอบ ๆ ประจุทดสอบก็จะมีสนามไฟฟ้าอันเนื่องจากประจุทดสอบอยู่ด้วย

ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ประจุทดสอบจึงควรมีขนาดเล็กมาก ๆ เพื่อให้มีผลกระทบต่อสนามไฟฟ้าเดิมน้อยที่สุด

ดังนั้น แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกซึ่งวาง ณ ตำแหน่งใด ๆ คือ สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น และเขียนด้วยสัญลักษณ์ E

$$\mathbf{E} = \frac{\text{แรง } \mathbf{F} \text{ ที่กระทำต่อประจุทดสอบ } +\mathbf{q}}{\text{ประจุทดสอบ } +\mathbf{q}}$$

เขียนสมการได้ว่า

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{+\mathbf{q}} \quad \text{หรือ} \quad \mathbf{F = qE}$$

สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยกำหนดทิศของสนามไฟฟ้าให้อยู่ในทิศเดียวกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ ดังรูป 2

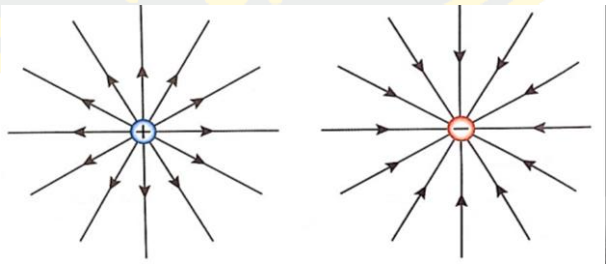
รูป 2 ทิศของสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ของประจุ +Q กับทิศของแรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุทดสอบ +q

นั่นคือ ขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด จะหมายถึง ขนาดและทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวกหนึ่งหน่วยซึ่งวาง ณ ตำแหน่งนั้น

ในระบบเอสไอ (SI) แรง F มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) ประจุ q มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ดังนั้น สนามไฟฟ้า E มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

- **สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด ๆ เนื่องจากจุดประจุ**

เมื่อนำจุดประจุบวกหรือลบวางอยู่ในบริเวณว่างเปล่าใด ๆ รอบ ๆ จุดประจุบวกหรือลบนี้จะมีสนามไฟฟ้าแผ่ออกไป ซึ่งสามารถหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดต่าง ๆ รอบจุดประจุนี้ได้โดยการนำประจุทดสอบบวก (ซึ่งประจุที่คิดขึ้นมีสมบัติประจำตัวคือ ประจุทดสอบนี้จะไม่รบกวนประจุที่อยู่ข้างเคียง) วางไว้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ รอบจุดประจุบวกหรือลบนั้น ทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดใด จุดหนึ่งจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้นจะได้ทิศทางของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุดังรูป 3



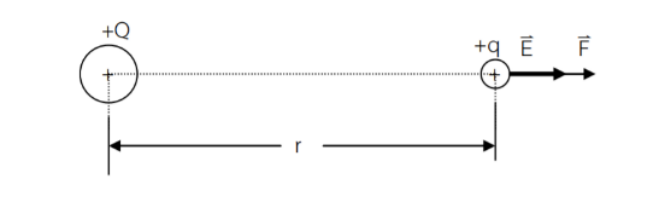
รูป 3. สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุอิสระ

จากรูปเมื่อวางประจุทดสอบบวกรอบ ๆ จุดประจุบวก จะเกิดแรงผลักประจุทดสอบบวกมีทิศพุ่งออกจากจุดประจุบวก ดังนั้น ทิศทางของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวกจะมีทิศทางพุ่งออกจากจุดประจุบวกทุกทิศทาง

ในทำนองกลับกันถ้าเป็นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุลบจะมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดประจุลบทุกทิศทาง

การหาขนาดของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

กำหนดให้มีจุดประจุ +Q อยู่ที่ตำแหน่งหนึ่ง ถ้าวางประจุทดสอบ +q ไว้ห่างจาก +Q เป็นระยะ r แล้วเกิดแรงซึ่งมีขนาด F กระทำต่อประจุ + q ดังรูปที่ 4



จากรูปจะได้ว่า $F = \frac{KQq}{r^2}$

และจาก $E = \frac{F}{q}$

ดังนั้น $E = \frac{KQq}{r^2} \times \frac{1}{q}$

จะได้ว่า $E = \frac{KQ}{r^2}$

สมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$

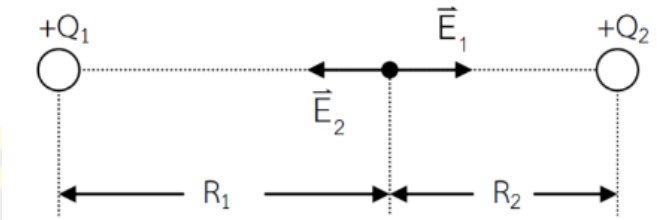
Q คือ ประจุที่ให้สนามไฟฟ้า (ประจุเจ้าของสนาม) หน่วย คูลอมบ์ (C)

r คือ ระยะห่างจากจุดประจุ หน่วย เมตร (m)

E คือ ค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะห่าง r หน่วย นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

จุดสะเทิน คือ จุดที่สนามไฟฟ้าลัพธ์เป็นศูนย์

1. ประจุชนิดเดียวกัน จุดสะเทินจะเกิดในแนวต่อระหว่างประจุทั้งสองใกล้ประจุที่มีค่าน้อย

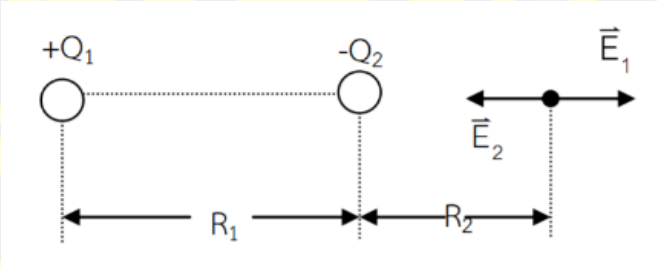


ถ้า + Q_1 > + Q_2 จะได้จุดสะเทินอยู่ใน ใกล้ประจุ +Q_2 แล้วหาตำแหน่งจุดสะเทินจาก

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

2. ประจุต่างชนิดกัน จุดสะเทินจะเกิดนอกแนวต่อระหว่างประจุทั้งสองใกล้ประจุที่มีค่าน้อย



ถ้า + Q_1 > - Q_2 จะได้จุดสะเทินอยู่นอก ใกล้ประจุ -Q_2 แล้วหาตำแหน่งจุดสะเทินจาก

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

■ แรงกระทำต่อประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า

ขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าดังได้กล่าวมาแล้ว หมายถึง ขนาดและทิศของแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุบวกหนึ่งหน่วย ณ ตำแหน่งที่พิจารณา เช่น ถ้านำประจุ +q ไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุ +Q แรงที่กระทำต่อประจุ +q หาได้จาก F = qE มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า E ดังรูป 5.

รูป 5. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ +q มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า

ถ้านำประจุ +q ไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าซึ่งเกิดจากประจุ –Q แรงที่กระทำต่อประจุ + q หาได้จาก F = qE มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า E เช่นเดียวกัน ดังรูป 6.

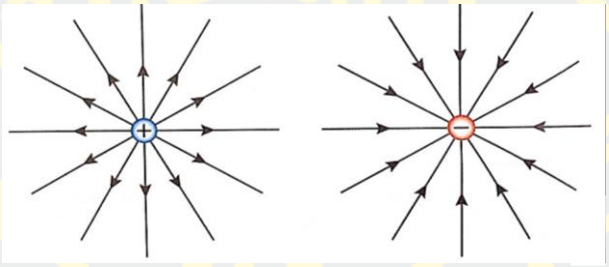
รูป 6. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ +q มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า

ถ้านำประจุ – q เข้าไปในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า E ทิศของแรง F ที่กระทำต่อประจุ – q จะมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของสนามไฟฟ้า ดังรูป 7.

รูป 7. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ - q มีทิศตรงกันข้ามกับทิศของสนามไฟฟ้า

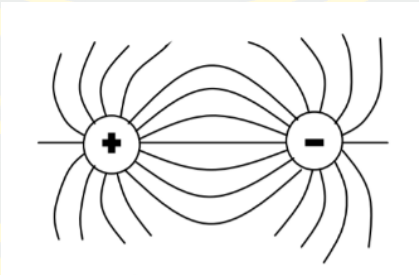
- **เส้นแรงไฟฟ้า (Electric line of force)**

จากความรู้เรื่องสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ พบว่าสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุบวกมีทิศทางพุ่งออกจากจุดประจุบวกทุกทิศทาง และสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุลบมีทิศพุ่งเข้าหาจุดประจุลบทุกทิศทาง เส้นต่าง ๆ ที่ใช้เขียนเพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบ ๆจุดประจุจะเรียกว่า เส้นแรงไฟฟ้า หรืออาจกล่าวว่าเส้นแรงไฟฟ้า ใช้แสดงทิศของแรงที่กระทำ ต่อประจุบวกที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า ดังรูป 8.

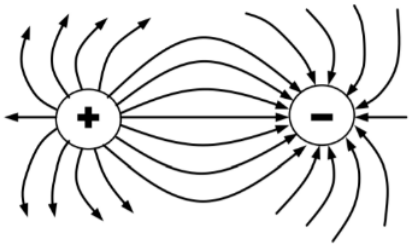


รูป 8. แสดงเส้นแรงไฟฟ้า จากจุดประจุบวกอิสระ และจุดประจุลบอิสระ

ถ้าสนามไฟฟ้าที่พิจารณาเป็นสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุมากกว่า 1 จุดประจุ เส้นแรงไฟฟ้าจะเป็นเส้นแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพธ์มีทิศเดียวกับทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุบวก ตัวอย่างของเส้นแรงไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ กัน ดังรูป 9 และ รูป 10.

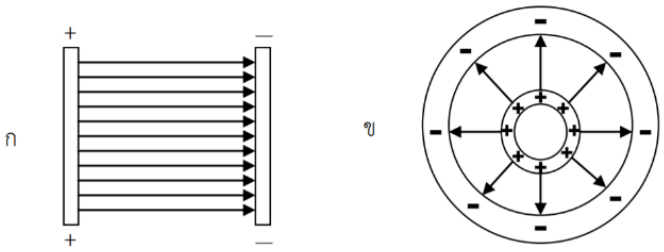


รูป 9. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุอิสระ 2 ประจุ



รูป 10. แสดงทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังมีเส้นแรงไฟฟ้าของแผ่นตัวนำขนาน และเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุต่างชนิดกันของวงกลม ดังรูป 11.



รูป 11 ก. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของแผ่นตัวนำขนาน
ข. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของตัวนำวงกลมซ้อนกัน

คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า ที่ควรทราบ คือ

1. เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก และพุ่งเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ
2. เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกันเลย
3. เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน แต่จะเบนแยกออกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะเสริมเป็นแนวเดียวกัน
4. เส้นแรงไฟฟ้าที่พุ่งออกหรือพุ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุย่อมตั้งฉากกับผิวของวัตถุนั้น ๆ เสมอ
5. เส้นแรงไฟฟ้า จะไม่พุ่งผ่านวัตถุตัวนำ เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดอยู่ที่ผิวตัวนำเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงไฟฟ้ากับสนามไฟฟ้า

1. เส้นตรงที่สัมผัสเส้นแรงไฟฟ้าตรงจุดใดๆ จะแสดงแนวของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น
2. จำนวนเส้นแรงไฟฟ้าที่เขียนขึ้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดจะเป็นสัดส่วนกับขนาดของสนามไฟฟ้า หมายความว่า ที่บริเวณใดก็ตามถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ชิดกันมาก สนามไฟฟ้าก็จะมีค่ามาก ถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ห่างกันสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าน้อย
3. ณ บริเวณใดที่สนามไฟฟ้าห่างกันสม่ำเสมอ สนามไฟฟ้าก็จะคงที่ด้วย เช่น สนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีประจุไฟฟ้า
4. สนามไฟฟ้าคงที่เส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศขนานกัน

ใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้นักเรียนสังเกตการณ์สาธิตเส้นสนามไฟฟ้าต่อไปนี้

จุดประสงค์

1. บอกวิธีหาเส้นสนามไฟฟ้า โดยการโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้นๆ และมีขั้วไฟฟ้าวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้า

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง	1	เครื่อง
2. ขั้วไฟฟ้า (โลหะปลายแหลม)	2	ขั้ว
3. วงกลมตัวนารัศมีต่างกัน	2	วง
4. สายไฟ	2	เส้น

5. ผงด่างทับทิมละเอียด
6. กระดาษกรอง
7. แผ่นกระจก

ตอนที่ 1 : เส้นสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลม 2 ขั้ว

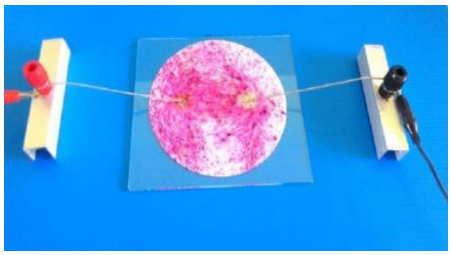
วิธีการสาธิต

1. วางกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาด ๆ บนแผ่นกระจก โดยจัดให้เรียบและแนบแผ่นกระจก

2. วางขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลม ให้ปลายแหลมทั้งสองแตะบนกระดาษกรองห่างกัน 5 เซนติเมตร

3. ต่อขั้วไฟฟ้ากับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง เปิดสวิตช์ ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน

4. โรยผงด่างทับทิมอย่างสม่ำเสมอระหว่างโลหะปลายแหลมทั้งสอง เมื่อเวลาผ่านไป 1– 2 นาที ผงด่างทับทิมปรากฏเป็นเส้นให้เห็น ซึ่งเป็นเส้นสนามไฟฟ้าของโลหะปลายแหลมที่มีประจุไฟฟ้า



5. บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 2 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าแผ่นโลหะ 2 ขั้วที่วางขนานกัน
วิธีการสาธิต

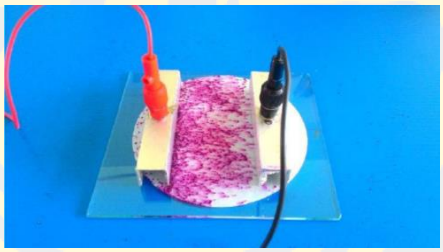
1. จัดอุปกรณ์เช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนโลหะปลายแหลมออกและใช้แผ่นโลหะเป็นขั้วไฟฟ้า

2. วางกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาดๆ บนแผ่นกระจก โดยจัดให้เรียบและแนบแผ่นกระจก

3. วางแผ่นโลหะทั้งสองบนกระดาษกรองห่างกัน 5 เซนติเมตร และขนานกัน ขอบด้านล่างของแผ่น โลหะต้องแนบสนิทกับกระดาษกรอง

4. ต่อแผ่นโลหะกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง เปิดสวิตช์ ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน

5. โรยผงด่างทับทิมอย่างสม่ำเสมอระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง เมื่อเวลาผ่านไป 1– 2 นาที ผงด่าง ทับทิมปรากฏเป็นเส้นให้เห็น ซึ่งเป็นเส้นสนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะที่มีประจุไฟฟ้า



6. บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 3 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าตัวนำวงกลม 2 วงวางซ้อนกัน
วิธีการสาธิต

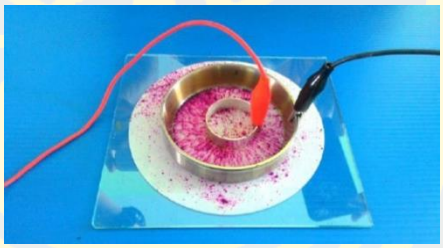
1. จัดอุปกรณ์เช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนแผ่นโลหะขนานกันเป็นวงกลมตัวนำ 2 วงซ้อนกัน

2. วางกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาดๆ บนแผ่นกระจกให้เรียบและแนบแผ่นกระจก

3. วางตัวนาวงกลม 2 วง ขนาดต่างกันซ้อนกันบนกระดาษกรอง จัดให้วงกลมตัวนำทั้งสองต้องแนบสนิทกับกระดาษกรอง

4. ต่อสายไฟกับวงกลมตัวนำทั้งสองกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง โดยให้ขั้วบอกต่อกับวงกลมตัวนำด้านใน เปิดสวิตช์ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน

5. โรยผงด่างทับทิมอย่างสม่ำเสมอระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง เมื่อเวลาผ่านไป 1– 2 นาที ผงด่างทับทิมปรากฏเป็นเส้นให้เห็น ซึ่งเป็นเส้นสนามไฟฟ้าของวงกลมตัวนำ 2 วงที่วางซ้อนกัน



6. บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้น

ใบกิจกรรม และแนวคำตอบของใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. .....ห้อง.....เลขที่.....
2. .....ห้อง.....เลขที่.....
3. .....ห้อง.....เลขที่.....
4. .....ห้อง.....เลขที่.....
5. .....ห้อง.....เลขที่.....
6. .....ห้อง.....เลขที่.....

จุดประสงค์

1. บอกวิธีหาเส้นสนามไฟฟ้า โดยการโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้น ๆ และมีขั้วไฟฟ้าวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้า

คำถามก่อนการสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

1. เมื่อโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้น ๆ และมีขั้วไฟฟ้าต่างชนิดกันวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าลักษณะการแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผงสีม่วงที่แผ่กระจายนี้เป็นไอออนชนิดใด

.....

.....

.....

.....

ผลการสังเกต

ตอนที่ 1 : เส้นสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลม 2 ขั้ว

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
....	

ตอนที่ 2 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าแผ่นโลหะ 2 ขั้วที่วางขนานกัน

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
....	

ตอนที่ 3 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าตัวนำวงกลม 2 วงที่วางซ้อนกัน

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
....	

คำถามเพื่อการวิเคราะห์และสรุป

1. ลักษณะการแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2. เมื่อด่างทับทิมละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนชนิดใดบ้าง

.....

.....

.....

3. ผงสีม่วงที่แผ่กระจายนี้เป็นไอออนชนิดใด

.....

.....

4. เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำขนานกันจะเป็นอย่างไร

.....

.....

5. ภายในของวงกลมใน (วงกลมตัวนำขนาดเล็ก) มีเส้นสนามไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

6. บริเวณระหว่างวงกลมทั้งสองจะเห็นเส้นสนามไฟฟ้าเป็นอย่างไร

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบกิจกรรม และแนวคำตอบของใบกิจกรรม เรื่อง การสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. .....ห้อง.....เลขที่.....
2. .....ห้อง.....เลขที่.....
3. .....ห้อง.....เลขที่.....
4. .....ห้อง.....เลขที่.....
5. .....ห้อง.....เลขที่.....
6. .....ห้อง.....เลขที่.....

จุดประสงค์

1. บอกวิธีหาเส้นสนามไฟฟ้า โดยการโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้น ๆ และมีขั้วไฟฟ้าวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้า

คำถามก่อนการสาธิตเส้นสนามไฟฟ้า

1. เมื่อโรยเกล็ดด่างทับทิมลงบนกระดาษที่ชื้น ๆ และมีขั้วไฟฟ้าต่างชนิดกันวางทับเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าลักษณะการแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นอย่างไร

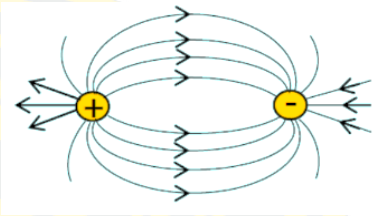
แนวคำตอบ : การแผ่กระจายของผงสีม่วงมีลักษณะเป็นเส้นๆ และแผ่ออกจากขั้วลบไปยังขั้วบวก

2. ผงสีม่วงที่แผ่กระจายนี้เป็นไอออนชนิดใด

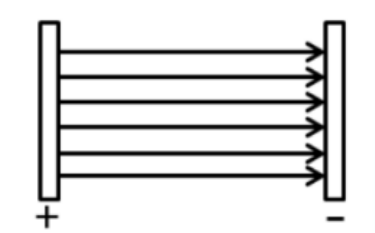
แนวคำตอบ : เป็นไอออนลบ

ผลการสังเกต

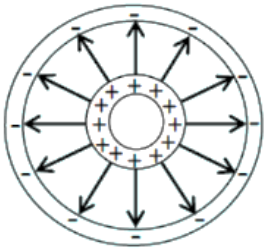
ตอนที่ 1 : เส้นสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลม 2 ขั้ว

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
..... *แนวคำตอบ : การแผ่กระจายของผงสีม่วง มีลักษณะเป็นเส้น ๆ และแผ่ออกจากขั้วลบไปยังขั้วบวก*	

ตอนที่ 2 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าแผ่นโลหะ 2 ขั้วที่วางขนานกัน

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
..... *แนวคำตอบ : การแผ่กระจายของผงสีม่วงมีลักษณะเป็นเส้นตรงขนานกัน และแผ่ออกจากขั้วลบไปยังขั้วบวก*	

ตอนที่ 3 : เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้าตัวนำวงกลม 2 วงที่วางซ้อนกัน

ลักษณะการแผ่ของผงสีม่วง	วาดเส้นสนามไฟฟ้า
..... *แนวคำตอบ : ภายในวงกลมในไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า เนื่องจากผงสีม่วงไม่ได้กระจายออกเป็นเส้น ๆ ส่วนบริเวณระหว่างวงกลมทั้งสองจะเห็นเส้นสนามไฟฟ้าพุ่งออกตามแนวรัศมี*	

คำถามเพื่อการวิเคราะห์และสรุป

1. ลักษณะการแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ : การแผ่กระจายของผงสีม่วงมีลักษณะเป็นเส้น ๆ และแผ่ออกจากขั้วลบไปยังขั้วบวก แสดงว่าผงสีม่วงเป็นไอออนลบ

2. เมื่อด่างทับทิมละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนชนิดใดบ้าง

แนวคำตอบ : เมื่อละลายด่างทับทิม KMnO4 จะแตกตัวออกเป็นไอออนบวก (K^+) ไม่มีสี และไอออนลบ (MnO_4^-) ผงสีม่วง

3. ผงสีม่วงที่แผ่กระจายนี้เป็นไอออนชนิดใด

แนวคำตอบ : เป็นไอออนลบ

4. เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำขนานกันจะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ : เป็นเส้นตรงขนานกัน และมีความหนาแน่นของเส้นสม่ำเสมอ

5. ภายในของวงกลมใน (วงกลมตัวนำขนาดเล็ก) มีเส้นสนามไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ : ภายในวงกลมไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า เนื่องจากผงสีม่วงไม่ได้กระจายออกเป็นเส้นๆ

6. บริเวณระหว่างวงกลมทั้งสองจะเห็นเส้นสนามไฟฟ้าเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ : จะเห็นเส้นสนามไฟฟ้าพุ่งออกตามแนวรัศมี

สรุปผลการทดลอง

1. การแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นแนวจากขั้วลบไปขั้วบวก เนื่องจากเกล็ดด่างทับทิม ($KMnO_4$) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นโพแทสเซียมไอออน (K^+) ซึ่งเป็นไอออนบวกไม่มีสี กับเปอร์แมงกาเนตไอออน (MnO_4^-) ซึ่งเป็นไอออนลบสีม่วง

2. เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำขนานเป็นเส้นขนานกันและมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ

3. ตัวนำวงกลม 2 วง ขนาดต่างกันซ้อนกัน ภายในวงกลมสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ ระหว่างวงกลมทั้งสองเส้นสนามไฟฟ้าจะอยู่ในแนวของรัศมี และมีลักษณะเช่นเดียวกับเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุ

ใบงาน เรื่อง สนามไฟฟ้า

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. สมการหาสนามไฟฟ้า $E = \frac{F}{q}$ และ $E = \frac{kQ}{r^2}$ สองสมการใช้ต่างกันอย่างไร

.....

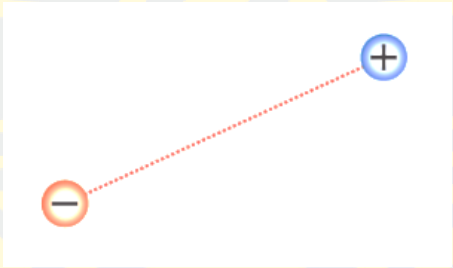
.....

.....

.....

.....

2. จงเขียนเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุที่วาง ดังรูป



คำตอบ :

3. เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นตรงขนานกัน แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร และถ้ามีจุดประจุไฟฟ้าอยู่ในบริเวณนั้น แรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้านั้น จะมีค่าคงตัวหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบงาน เรื่อง สนามไฟฟ้า

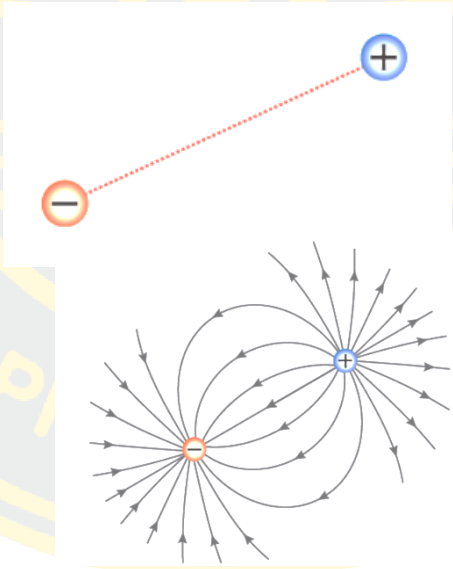
ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. สมการหาสนามไฟฟ้า $E = \frac{F}{q}$ และ $E = \frac{kQ}{r^2}$ สองสมการใช้ต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ : สมการ $E = \frac{F}{q}$ ใช้หาสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ($\vec{E}$) โดยการนำประจุทดสอบ $+q$ ไปวางบริเวณนั้น โดยไม่สนใจประจุต้นกำเนิดสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) สมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ ใช้หาสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งเนื่องจากประจุต้นกำเนิด Q ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ห่างจากประจุนั้นเป็นระยะทาง r

2. จงเขียนเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุที่วาง ดังรูป



แนวคำตอบ :

3. เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นตรงขนานกัน แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร และถ้ามีจุดประจุไฟฟ้าอยู่ในบริเวณนั้น แรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้านั้น จะมีค่าคงตัวหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ : เส้นสนามไฟฟ้าแสดงสนามไฟฟ้าบริเวณระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ เนื่องจากเส้นที่เขียนแทนเส้นสนามไฟฟ้ามีขนาดและระยะห่างเท่ากัน ซึ่งแสดงว่าสนามไฟฟ้ามีขนาดคงตัวและทิศทางเดียวกัน หากมีประจุไฟฟ้าในบริเวณนี้จะมีแรงลัพธ์ที่กระทำ

แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สนามไฟฟ้า

ชื่อ-นามสกุล……ชั้น……เลขที่……

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างละเอียดตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน

<u>โจทย์ปัญหาฟิสิกส์</u>

1. ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 2.0 เซนติเมตร มีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็น 1.0×10^{5} นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาขนาดของจุดประจุสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดประจุนี้ 1.0 เซนติเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

……

……

……

……

……

……

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

……

……

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

……

……

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

……

……

……

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป

3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

……

……

……

……

……

……

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

2. หน่วยของคำตอบ

……

……

……

……

……

2. จุดประจุ $+4\times10^{-8}$ คูลอมบ์ และ $+9\times10^{-8}$ คูลอมบ์ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ตำแหน่งใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

……

……

……

……

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

……

……

……

……

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

……

……

……

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป

3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

……

……

……

……

……

……

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

2. หน่วยของคำตอบ

……

……

……

……

……

เฉลยแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างละเอียดตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน

<u>โจทย์ปัญหาฟิสิกส์</u>

1. ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 2.0 เซนติเมตร มีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็น 1.0×10^5 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาขนาดของจุดประจุสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดประจุนี้ 1.0 เซนติเมตร

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ระยะห่าง $r = 2.0$ cm หรือ 2.0×10^{-2} m

2). ขนาดของสนามไฟฟ้า 1.0×10^5 N/C ($E = 1.0\times10^5$ N/C)

3). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ $N.m^2/C^2$

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

Q คือ ขนาดของจุดประจุไฟฟ้าที่ทำให้มีสนามไฟฟ้า ($E = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$r = 2.0 \times 10^{-2}$ m, $E = 1.0\times10^5$ N/C, $k = 9 \times 10^9$ $N.m^2/C^2$, $E = ?$

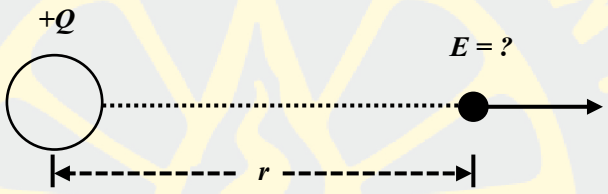
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : E = $\frac{kQ}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $r = 2.0 \times 10^{-2}$ *m,* $E = 1.0 \times 10^{5}$ *N/C,* $k = 9 \times 10^{9}$ $N.m^2/C^2$, *E = ?*

ซึ่งหาได้จากสมการ : E = $\frac{kQ}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

แทนค่าลงในสมการ

$$1.0 \times 10^5 = \frac{(9 \times 10^9)Q}{(2.0 \times 10^{-2})^2}$$

$$Q = \frac{1.0 \times 10^5 \times 4.0 \times 10^{-4}}{9.0 \times 10^9}$$

โจทย์ให้หา E เมื่อตำแหน่งที่พิจารณาอยู่ห่างจากประจุ $= 1.0 \times 10^{-2}$ *m*

$$E = \frac{(9 \times 10^9)(\frac{1.0 \times 10^5 \times 4.0 \times 10^{-4}}{9.0 \times 10^9})}{(1.0 \times 10^{-2})^2}$$

$$E = 4.5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

ดังนั้น ณ ตำแหน่งที่ห่างจากประจุนี้ 1.0 เซนติเมตร สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.5×10^5 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ณ ตำแหน่งที่ห่างจากประจุนี้ 1.0 เซนติเมตร สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.5×10^5 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากประจุนี้ 1.0 เซนติเมตร สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.5×10^5 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ สนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์

2. จุดประจุ $+4\times10^{-8}$ คูลอมบ์ และ $+9\times10^{-8}$ คูลอมบ์ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ตำแหน่งใด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ $+4\times10^{-8}$ C ($Q_A = 4\times10^{-8}$ C)

2). จุดประจุ $+9\times10^{-8}$ C ($Q_B = 9\times10^{-8}$ C)

3). ระยะห่าง $r = 0.5$ m

4). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9\times10^{9}$ $N.m^2/C^2$

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ตำแหน่งใด ($r_1 = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q_A = 4\times10^{-8}$ C, $Q_B = 9\times10^{-8}$ C, $r = 0.5$ m, $k = 9\times10^{9}$ $N.m^2/C^2$, $r_1 = ?$

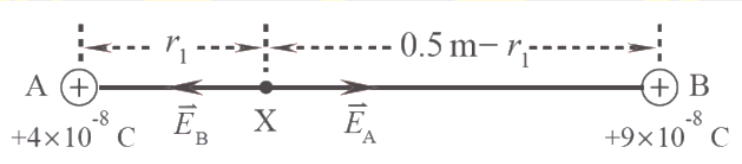
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q_A = 4 \times 10^{-8}$ C, $Q_B = 9 \times 10^{-8}$ C, $r = 0.5$ m, $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/C^2, r_1 = ?

สมมติให้สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ ณ ตำแหน่ง X ซึ่งอยู่ห่างจากจุด A เป็นระยะ r_1 และระยะห่างระหว่างจุด X และ B เป็นระยะ 0.5 m - r_1

ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

$\vec{E}_A$ คือ สนามไฟฟ้าที่ X เนื่องจากประจุที่

$\vec{E}_B$ คือ สนามไฟฟ้าที่ X เนื่องจากประจุที่ B

โจทย์กำหนดให้ $\vec{E}_A+\vec{E}_B = 0$ นั่นคือ ขนาดของ $\vec{E}_A = \vec{E}_B$ แต่มีทิศทางตรงกัน

จากสมการ $$E = \frac{kQ}{r^2}$$

แทนค่าลงในสมการ $$E_A = k\frac{(4\times10^{-8})}{r_1^2}$$

$$E_B = k\frac{(9.0\times10^{-8})}{(0.5-r_1)^2}$$

แต่ $$E_A = E_B$$

ดังนั้น $$k\frac{(4\times10^{-8})}{r_1^2} = k\frac{(9.0\times10^{-8})}{(0.5-r_1)^2}$$

$$\frac{(0.5-r_1)^2}{r_1^2} = \frac{9}{4}$$

$$\frac{0.5-r_1}{r_1} = \frac{3}{2}$$

$$r_1 = \frac{1}{5} = 0.2\ m$$

ดังนั้น ตำแหน่งบนเส้นตรงที่มีขนาดสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ อยู่ห่างจากจุดประจุ $+4\times10^{-8}$ คูลอมบ์ เป็นระยะทาง 0.2 เมตร

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ตำแหน่งบนเส้นตรงที่มีขนาดสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ อยู่ห่างจากจุดประจุ $+4\times10^{-8}$ คูลอมบ์ เป็นระยะทาง 0.2 เมตร

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ตำแหน่งบนเส้นตรงที่มีขนาดสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ อยู่ห่างจากจุดประจุ $+4\times10^{-8}$ คูลอมบ์ เป็นระยะทาง 0.2 เมตร

2. หน่วยของคำตอบ

r คือ ระยะห่างจากจุดประจุ มีหน่วยเป็น เมตร (m)

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกตอบคำถามที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ถ้า F คือ แรงกระทำระหว่างประจุ Q_1 กับ Q_2 ที่อยู่ใกล้กัน ความสัมพันธ์ในข้อใดถูกต้อง **(ความเข้าใจ)**

ก. $F \alpha Q_1Q_2$

ข. $F \alpha 1/Q_1Q_2$

ค. $F \alpha (Q_1Q_2)^2$

ง. $F \alpha 1/(Q_1Q_2)^2$

2. ประจุขนาด A คูลอมบ์ และ 1.0×10^{-5} คูลอมบ์ วางอยู่ห่างกัน 3 เมตร จะมีแรงกระทำต่อกัน 1 นิวตัน จงหาว่าประจุ A เป็นประจุขนาดกี่คูลอมบ์ **(การประยุกต์ใช้)**

ก. 1×10^{-4} C

ข. 3×10^{-4} C

ค. 6×10^{-4} C

ง. 9×10^{-4} C

3. แรงกระทำระหว่างวัตถุสองก้อนที่มีจำนวนประจุไฟฟ้าต่างกัน จะเป็นอย่างไร **(ความเข้าใจ)**

ก. วัตถุที่มีประจุไฟฟ้ามาก จะมีแรงกระทำมากกว่า

ข. วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าน้อย จะวิ่งเข้าหาวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ามาก

ค. วัตถุมีแรงกระทำระหว่างกันที่เท่ากัน

ง. ไม่สามารถบอกได้ ถ้าไม่ทราบน้ำหนักของวัตถุ

4. สามเหลี่ยมด้านเท่ารูปหนึ่งมีความยาวด้านละ 30 เซนติเมตร และที่แต่ละมุมของสามเหลี่ยมนี้มีจุดประจุ +2 , –2 และ +5 ไมโครคูลอมบ์ วางอยู่ อยากทราบว่าขนาดของแรงไฟฟ้าบนประจุ +5 ไมโครคูลอมบ์ มีค่ากี่นิวตัน **(การประยุกต์ใช้)**

ก. 1 นิวตัน

ข. 2 นิวตัน

ค. 3 นิวตัน

ง. 4 นิวตัน

5. ยิงอิเล็กตรอนเข้าสู่สนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉาก แรงไฟฟ้าลัพธ์จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นอย่างไร **(การวิเคราะห์)**

ก. แนวตรง

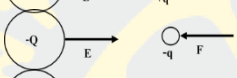
ข. แนวโค้งพาราโบลา

ค. แนวโค้งวงรี

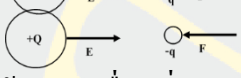
ง. แนวโค้งวงกลม

6. ถ้า +Q และ –Q เป็นประจุต้นกำเนิดสนามโดยที่ +q และ –q เป็นประจุทดสอบ รูปใดแสดงทิศของ F และ E ไม่ถูกต้อง **(ความรู้ความจำ)**

ก.

ข. 

ค.

ง. 

7. ถ้าปล่อยให้ประจุเคลื่อนที่อิสระในสนามไฟฟ้า ประจุจะเกิดการเคลื่อนที่อย่างไร **(การสร้างสรรค์)**

ก. เคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร็วคงตัว

ข. เคลื่อนที่**แนวตรงด้วยความเร่งคงตัว**

ค. เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว

ง. เคลื่อนที่วงกลมด้วยอัตราเร็วไม่คงตัว

8. ประจุบวก $q_1 = 2$ ไมโครคูลอมบ์ วางห่างจาก ประจุลบ $q_2 = -2$ ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 6 เมตร สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่าง 2 ประจุนี้ ในหน่วยของ N/C มีค่าเป็นเท่าใด **(การประยุกต์ใช้)**

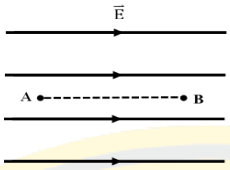
ก. -2×10^3 N/C

ข. 0 N/C

ค. 2×10^3 N/C

ง. 4×10^3 N/C

9. จุด A และ B อยู่ภายในสนามไฟฟ้าที่มีทิศตามลูกศรดังรูป ข้อใดกล่าวถูกต้อง **(การวิเคราะห์)**



ก. วางประจุลบที่จุด A ประจุลบจะเคลื่อนที่ไปที่จุด B

ข. วางประจุบวกที่จุด B ประจุบวกจะเคลื่อนที่ไปที่จุด A

ค. สนามไฟฟ้าที่จุด A สูงกว่าสนามไฟฟ้าที่จุด B

ง. สนามไฟฟ้าที่จุด A มีค่าเท่ากับสนามไฟฟ้าที่จุด B

10. แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบมีทิศไปทางใด **(ความเข้าใจ)**

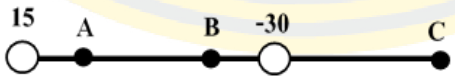
ก. ทางเดียวกับทิศสนามไฟฟ้า

ข. ตรงข้ามกับทิศสนามไฟฟ้า

ค. ตั้งฉากกับทิศสนามไฟฟ้า

ง. ถูกทุกข้อ

11. ประจุไฟฟ้าขนาด +15 และ –30 หน่วย ประจุวางอยู่ในสนามไฟฟ้าดังรูป ตำแหน่งใดควรเป็นจุดสะเทิน **(การประยุกต์ใช้)**



ก. ตำแหน่ง A

ข. ตำแหน่ง B

ค. ตำแหน่ง C

ง. ไม่มีตำแหน่งใดถูกต้อง

12. หากมีประจุกระจายอยู่บนตัวนำทรงกลมกลวงอย่างสม่ำเสมอ สนามไฟฟ้าภายในจุดศูนย์กลางทรงกลมกลวงจะมีค่าเป็นจริงตามข้อใดมากที่สุด **(การประเมินค่า)**

ก. สนามไฟฟ้าของจุดประจุ ณ จุดใด ๆ แปรผันกลับกับระยะทาง

ข. สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตัวนำทรงกลมกลวงที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากันตลอดและมีค่าไม่เท่ากับศูนย์

ค. สนามไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมกลวงที่มีประจุ จะมีค่าเป็นศูนย์

ง. สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งติดกับผิวของตัวนำทรงกลมกลวงที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับศูนย์

13. อนุภาคโปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน อนุภาคในข้อใดที่เมื่อนำไปวางในสนามไฟฟ้าแล้วจะมีแรงไฟฟ้ากระทำ **(ความเข้าใจ)**

ก. นิวตรอน

ข. โปรตอนและนิวตรอน

ค. โปรตอนและอิเล็กตรอน

ง. โปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน

14. ประจุ $+Q_1$ วางอยู่ห่างจากตำแหน่ง A เป็นระยะทาง 1 เมตร และในทิศตรงกันข้ามแนวเดียวกันมีประจุ $+Q_2$ วางอยู่ห่างจากตำแหน่ง A เป็นระยะทาง 2 เมตร จงหาว่า Q_2 ต้องมีขนาดประจุเป็นกี่เท่าของ Q_1 จึงจะทำให้สนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่ง A มีค่าเป็นศูนย์ **(การประยุกต์ใช้)**

ก. 0.25

ข. 0.50

ค. 2.00

ง. 4.00

15. บริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E ถ้าอนุภาคมวล m มีประจุไฟฟ้า –q เข้ามาอยู่ในบริเวณนี้แรงไฟฟ้าจะทำให้อนุภาคนี้เคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งเท่าใด **(การวิเคราะห์)**

ก. $\frac{\mathbf{qE}}{\mathbf{m}}$

ข. $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{qE}}$

ค. $\frac{\mathrm{qm}}{\mathrm{E}}$

ง. $\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{qm}}$

16. กำหนดให้ V คือ ศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุอันหนึ่งที่ระยะห่างเท่ากับ r ความสัมพันธ์ในข้อใดถูกต้อง **(ความเข้าใจ)**

ก. $V \propto r$

ข. $V \propto 1/r$

ค. $V \propto r^2$

ง. $V \propto 1/r^2$

17. จุด A และ B เป็นจุดที่อยู่ห่างจากประจุ 4×10^{-6} คูลอมบ์ เป็นระยะทาง 2 และ 12 เมตร ตามลำดับ ถ้าต้องการเลื่อนประจุ +1 คูลอมบ์ จาก B ไป A ต้องใช้งานในหน่วยกิโลจูลเท่าใด **(การประยุกต์)**

ก. 8.75 กิโลจูล

ข. 15 กิโลจูล

ค. 35 กิโลจูล

ง. 60 กิโลจูล

18. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง **(การวิเคราะห์)**

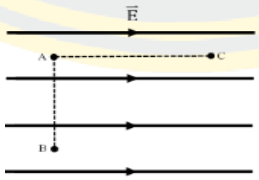
ก. ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณไม่มีทิศทาง

ข. ศักย์ไฟฟ้าที่ระยะอนันต์และบนพื้นดินมีค่าเป็นศูนย์

ค. ประจุบวกเคลื่อนที่อิสระจากศักย์ไฟฟ้าสูงไปศักย์ไฟฟ้าต่ำ และประจุลบเคลื่อนที่ตรงข้าม

ง. ถูกทั้งข้อ ก, ข และ ค

19. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) จุด A, B และ C อยู่ที่ตำแหน่ง ดังรูป จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง **(ความเข้าใจ)**



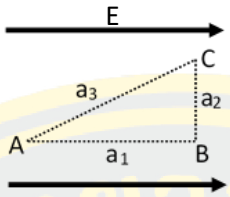
ก. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A มีค่าสูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด B

ข. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A มีค่าสูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด C

ค. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B ไม่เท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่จุด A

ง. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด C มีค่าสูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด A,B

20. A , B และ C เป็นตำแหน่งในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด E มีระยะห่างเป็น a_1 , a_2 และ a_3 ดังรูป จงหาความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่ง A กับ C **(การประยุกต์ใช้)**



ก. Ea_1

ข. Ea_2

ค. Ea_3

ง. $Ea_1 + Ea_2$

21. ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่ตามคุณสมบัติข้อใด **(ความรู้ความจำ)**

ก. ยอมให้ประแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว

ข. เปลี่ยนปริมาณทางกายภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

ค. เก็บสะสมประจุไฟฟ้า โดยนำสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางขนานกัน

ง. ต้านการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม

22. ตัวเก็บประจุสามตัวมีค่าความจุไฟฟ้า C เท่ากัน นำมาต่อแบบขนาน ค่าความจุไฟฟ้ารวมมีค่าเท่าไร **(การประเมินค่า)**

ก. C

ข. 3C

ค. $\frac{C}{3}$

ง. C^3

23. การที่ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สิ้นพลังงานไป 1 จูล หมายถึงอะไร **(ความรู้ความจำ)**

ก. ความต่างศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์

ข. ความเร็วของประจุไฟฟ้า 1 โวลต์

ค. ความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม

ง. ความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม

24. เมื่อนำตัวเก็บประจุแผ่นขนานไปใช้งานโดยต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะเกิดการเหนี่ยวนำระหว่างตัวนำแผ่นขนาน ทำให้แผ่นตัวนำขนานมีประจุต่างชนิดกันและมีปริมาณประจุเท่ากัน ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแผ่นขนานนี้ ความสัมพันธ์ในข้อใดถูกต้อง **(ความเข้าใจ)**

ก. $C \propto QV$

ข. $C \propto QV^2$

ค. $C \propto 1/QV$

ง. $C \propto Q/V$

25. การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเป็นอย่างไร **(ความรู้ความจำ)**

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. มีค่าเท่ากัน

ง. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

26. พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ หาได้จากสมการในข้อใด **(ความเข้าใจ)**

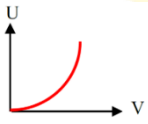
ก. $\frac{1}{2}QV$

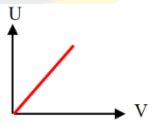
ข. $\frac{1}{2}CV^2$

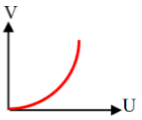
ค. $\frac{1}{2}\frac{Q}{V}$

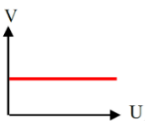
ง. ถูกทั้งข้อ ก, ข และ ค

27. จงเลือกกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานสะสม (U) ในตัวเก็บประจุกับความต่างศักย์ (V) ที่ต่อกับตัวเก็บประจุ **(การวิเคราะห์)**

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

28. ตัวเก็บประจุตัวหนึ่งมีความจุ 0.2 ไมโครฟารัด นำไปใช้งานกับความต่างศักย์ 250 โวลต์ จะสามารถเก็บประจุไว้ได้กี่คูลอมบ์ **(การประยุกต์ใช้)**

ก. 0.5×10^{2} คูลอมบ์

ข. 1.25×10^{2} คูลอมบ์

ค. 2.5×10^{-5} คูลอมบ์

ง. 5×10^{-5} คูลอมบ์

29. ตัวเก็บประจุสามอันมีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ C เท่ากันต่อแบบขนาน แล้วนำทั้งหมดต่อกับเซลล์ไฟฟ้า ปริมาณใดของตัวเก็บประจุทั้งสามมีค่าเท่ากัน **(การวิเคราะห์)**

ก. ประจุไฟฟ้า

ข. ความต่างศักย์ไฟฟ้า

ค. พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

ง. ถูกทั้งข้อ ก, ข และ ค

30. ครูให้นักเรียนทำการต่อวงจร โดยมีเงื่อนไขว่า ครูต้องการให้วงจรไฟฟ้าเก็บประจุได้มากที่สุด นักเรียนจะมีวิธีการต่อวงจรนี้อย่างไร **(การสร้างสรรค์)**

ก. กรณ์ เลือกต่อวงจรแบบอนุกรม เพราะทำให้ได้ความจุสมมูลที่เพิ่มขึ้น

ข. โจ้ เลือกต่อวงจรแบบขนาน เพราะทำให้ได้ความจุสมมูลที่เพิ่มขึ้น

ค. วุฒิ เลือกต่อวงจรแบบผสมเพราะทำให้ได้ความจุสมมูลที่คงที่

ง. ไม่มีวิธีการใดถูกต้อง

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และแนวคำตอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 8 คะแนน ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างละเอียดตามเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้ง 4 ขั้นตอน

กฎของของคูลอมบ์

1. จุดประจุ +1 ไมโครคูลอมบ์ และ -2 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 3 เซนติเมตร จงหาแรงที่กระทำระหว่างจุดประจุทั้งสองมีค่าเท่าไร (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ +1 μC ($Q_1 = 1 \times 10^{-6}$ C)

2). จุดประจุ -2 μC ($Q_2 = -2 \times 10^{-6}$

3). ระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง (r = 3 cm หรือ 0.03 m)

4). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ ($k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2)

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

แรงที่กระทำระหว่างจุดประจุทั้งสอง (F = ?)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q_1 = 1 \times 10^{-6}$ C , $Q_2 = -2 \times 10^{-6}$ C , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, $r = 3 \times 10^{-2}$ m , F = ?

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

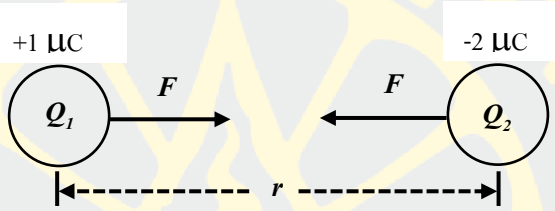
1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- แรงกระทำระหว่างประจุแปรผันตรงกับผลคูณของประจุทั้งสอง ($F \alpha Q_1Q_2$)

- แรงกระทำระหว่างประจุแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง ($F \alpha \frac{1}{r^2}$)

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

แรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q_1 = 1 \times 10^{-6}$ C , $Q_2 = -2 \times 10^{-6}$ C , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, $r = 3 \times 10^{-2}$ m , $F = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

แทนค่าลงในสมการ $F = \frac{(9 \times 10^9)(1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2}$

$F = \frac{18 \times 10^{-3}}{9 \times 10^{-4}}$

จะได้ $F = 20$ *นิวตัน*

ดังนั้น แรงที่กระทำระหว่างจุดประจุทั้งสองมีค่าเท่ากับ 20 นิวตัน

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

แรงที่กระทำระหว่างจุดประจุทั้งสองมีค่าเท่ากับ 20 นิวตัน

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

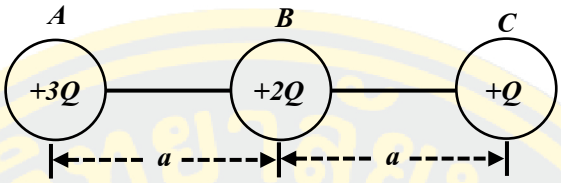
โจทย์ต้องการทราบ แรงที่กระทำระหว่างจุดประจุทั้งสองซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 นิวตัน

2. หน่วยของคำตอบ

F คือ แรงกระทำระหว่างจุดประจุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

2. จุด A,B,C วางประจุ +3Q , +2Q และ +Q ตามลำดับ โดยวางห่างกันเป็นระยะ a ดังรูป จงหาแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำบนจุดประจุ B

(กำหนดค่าคงตัวตามกฎของคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9\ N.m^2 / C^2$)



<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ A = +3Q ($Q_1 = 3Q$)

2). จุดประจุ B = +2Q ($Q_2 = 2Q$)

3). จุดประจุ C = +Q ($Q_3 = Q$)

4). วางห่างกันเป็นระยะ a ($r = a$)

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

แรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำบนจุดประจุ B ($F = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q_1 = 3Q$, $Q_2 = 2Q$, $Q_3 = Q$, $r = a$, $F = ?$

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

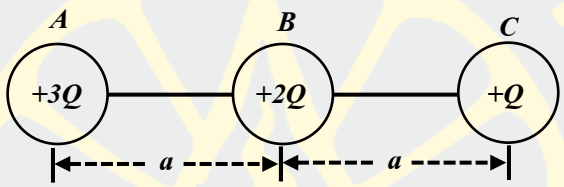
1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- แรงกระทำระหว่างประจุแปรผันตรงกับผลคูณของประจุทั้งสอง ($F \alpha Q_1 Q_2$)

- แรงกระทำระหว่างประจุแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง ($F \alpha \frac{1}{r^2}$)

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

แรงไฟฟ้าลัพธ์สามารถหาได้จาก ;

สมการ : $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q_1 = 3Q$, $Q_2 = 2Q$, $Q_3 = Q$, $r = a$, $F = ?$

บนจุดประจุ B มีแรงไฟฟ้าย่อยสองค่าทิศตรงข้ามกัน แสดงไว้ดังรูปประกอบการคำนวณ

F_{AB} คือ แรงที่ A ผลัก B

F_{CB} คือ แรงที่ C ผลัก B

ต้องการหาแรงไฟฟ้าลัพธ์ $F = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$

หาแรงไฟฟ้าย่อยโดยใช้กฎของคูลอมบ์ได้ ดังนี้

แทนค่า $F_{AB} = \frac{k(3Q)(2Q)}{a^2} = \frac{6kQ^2}{a^2}$ *----------(1)*

$F_{CB} = \frac{k(Q)(2Q)}{a^2} = \frac{2kQ^2}{a^2}$ *----------(2)*

หาแรงไฟฟ้าลัพธ์ ดังนี้

จะได้ $F = \frac{6kQ^2}{a^2} - \frac{2kQ^2}{a^2} = \frac{4kQ^2}{a^2}$

$F = \frac{4kQ^2}{a^2}$

ดังนั้น แรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำบนจุดประจุ B มีค่าเท่ากับ $\frac{4kQ^2}{a^2}$

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

แรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำบนจุดประจุ B มีค่าเท่ากับ $\frac{4kQ^2}{a^2}$

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ แรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำบนจุดประจุ B มีค่าเท่ากับ $\frac{4kQ^2}{a^2}$

2. หน่วยของคำตอบ

F คือ แรงกระทำระหว่างจุดประจุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

สนามไฟฟ้า

3. จุดประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ ให้สนามไฟฟ้าออกมาโดยรอบ จงหาสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากจุดประจุ 2 เซนติเมตร มีค่ากี่นิวตันต่อคูลอมบ์ (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ ($Q = 4 \times 10^{-6}$ C)

2). ระยะห่าง $r = 2$ cm หรือ 2×10^{-2} m

3). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

สนามไฟฟ้า ($E = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q = 4 \times 10^{-6}$ C , $r = 2 \times 10^{-2}$ m , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, $E = ?$

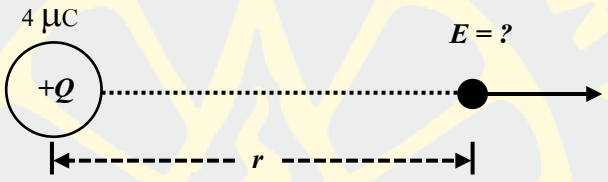
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งบนผิวนอกทรงกลมสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $E = \frac{kQ}{R^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q = 4 \times 10^{-6}$ C , $r = 2 \times 10^{-2}$ m , $k = 9 \times 10^{9}$ $N.m^2/C^2$, $E = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{kQ}{R^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{kQ}{R^2}$

แทนค่าลงในสมการ $E = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})}{(2 \times 10^{-2})^2}$

$E = \frac{36 \times 10^3}{4 \times 10^{-4}}$

จะได้ $E = 9 \times 10^7$ *N/C*

ดังนั้น ค่าสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 9×10^7 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ค่าสนามไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ 9×10^7 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ค่าสนามไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ 9×10^7 *นิวตันต่อคูลอมบ์*

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ ค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะห่าง r มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C) หรือ โวลต์ต่อเมตร (V/m)

4. จุดประจุอันหนึ่งให้สนามไฟฟ้าออกมาโดยรอบ ที่ระยะห่างจากจุดประจุ 10 เซนติเมตร สนามไฟฟ้ามีค่า 50 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาสนามไฟฟ้าที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร มีค่ากี่นิวตันต่อคูลอมบ์ (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ระยะห่าง $r_1 = 10$ cm

2). ระยะห่าง $r_2 = 5$ cm

3). สนามไฟฟ้า $E_1 = 50$ N/C

4). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

สนามไฟฟ้า ($E_2 = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$r_1 = 10$ cm , $r_2 = 5$ cm , $E_1 = 50$ N/C , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, $E_2 = ?$

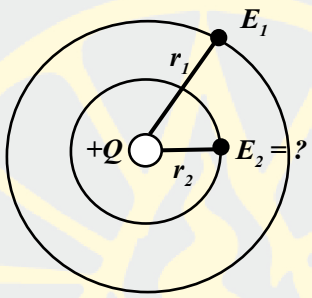
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าของจุดประจุสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $r_1 = 10\ cm$, $r_2 = 5\ cm$, $E_1 = 50\ N/C$, $k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$, $E_2 = ?$

ให้ประจุของสนามไฟฟ้า $= +Q$

ครั้งที่ 1 : ระยะห่าง $r_1 = 10\ cm$ *สนามไฟฟ้า* $E_1 = 50\ N/C$

ครั้งที่ 2 : ระยะห่าง $r_2 = 5\ cm$ *สนามไฟฟ้า* $E_2 = ?$ *(ต้องการหา)*

ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

เปรียบเทียบ E กับ r

แทนค่าลงในสมการ $\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

$$\frac{50}{E_2} = \left(\frac{5}{10}\right)^2$$

$$\frac{50}{E_2} = \frac{1}{4}$$

จะได้ $E_2 = 4 \times 50 = 200$ *N/C*

ดังนั้น สนามไฟฟ้า E_2 มีค่าเท่ากับ 200 นิวตันต่อคูลอมบ์

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

สนามไฟฟ้า E_2 มีค่าเท่ากับ 200 นิวตันต่อคูลอมบ์

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

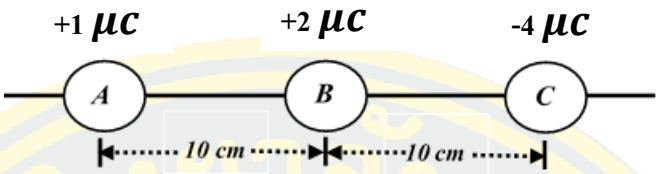
1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ สนามไฟฟ้า E_2 มีค่าเท่ากับ 200 นิวตันต่อคูลอมบ์

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ ค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะห่าง r มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

5. A , B และ C เป็นจุดประจุวางห่างกันดังรูป จงหาสนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B และทิศทางของสนามไฟฟ้า (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)



วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ A = +1μc ($Q_A = 1 \times 10^{-6}$ C)

2). จุดประจุ B = +2μc ($Q_B = 2 \times 10^{-6}$ C)

3). จุดประจุ C = -4μc ($Q_C = 4 \times 10^{-6}$ C)

4). วางห่างกันเป็นระยะ 10 cm ($r = 10 \times 10^{-2}$ m)

5). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

สนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B (E = ?)

ทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q_A = 1 \times 10^{-6}$ C , $Q_B = 2 \times 10^{-6}$ C , $Q_C = 4 \times 10^{-6}$ C , $r = 10 \times 10^{-2}$ m ,

$k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, E = ?

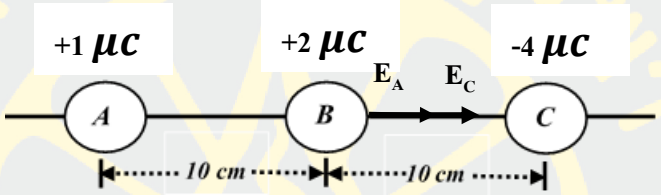
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า Q และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ Q

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

สนามไฟฟ้าลัพธ์สามารถหาได้จาก ;

สมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q_A = 1 \times 10^{-6}$ C , $Q_B = 2 \times 10^{-6}$ C , $Q_C = -4 \times 10^{-6}$ C , $r = 10 \times 10^{-2}$ m , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/C^2 , E = ?

บนตำแหน่ง B มีสนามไฟฟ้าย่อยสองค่าทิศเดียวกัน แสดงไว้ดังรูปประกอบการคำนวณ

E_A คือ สนามไฟฟ้าของประจุบวกจาก A

E_C คือ สนามไฟฟ้าของประจุลบจาก C

ต้องการหาสนามไฟฟ้าลัพธ์ E = ?

ซึ่งหาได้จากสมการ : $E = \frac{kQ}{r^2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$

หาสนามไฟฟ้าย่อย

แทนค่า $E_A = \frac{kQ}{r^2} = \frac{9\times10^9(1\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{9\times10^3}{1\times10^{-2}} = 9\times10^5 N/C$ *---------(1)*

$E_c = \frac{kQ}{r^2} = \frac{9\times10^9(4\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{36\times10^3}{1\times10^{-2}} = 36\times10^5 N/C$ *---------(2)*

หาสนามไฟฟ้าลัพธ์

จะได้ $E = E_A + E_c$

$E = 9\times10^5 + 36\times10^5$

$E = 45\times10^5\ N/C$

$E = 4.5\times10^6\ N/C$

ดังนั้น สนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ 4.5×10^6 *N/C , ทิศทาง +X*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

สนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ 4.5×10^6 *N/C ทิศทาง +X*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

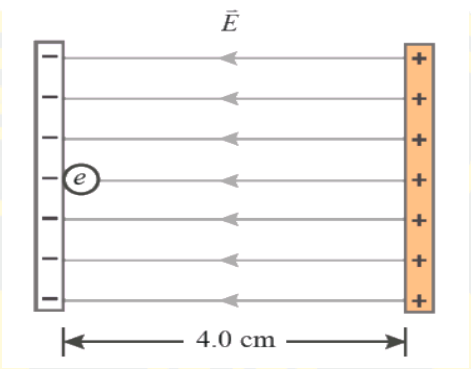
1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ สนามไฟฟ้าลัพธ์บนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ 4.5×10^6 *N/C ทิศทาง +X*

2. หน่วยของคำตอบ

E คือ ค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะห่าง r มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

6. แผ่นตัวนำขนานที่วางห่างกัน 4.0 เซนติเมตร ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมีขนาด 45.5 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศดังรูป ถ้าอิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นลบแล้วเคลื่อนที่ไปยังแผ่นบวก จงหาความเร็วของอิเล็กตรอนขณะกระทบแผ่นบวก (ไม่คิดแรงเนื่องจากน้ำหนักของอิเล็กตรอน) กำหนดอิเล็กตรอนมีมวลเท่ากับ 9.1×10^{-31} กิโลกรัม และประจุเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์



<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ระยะห่าง 4.0 เซนติเมตร ($S = 4 \times 10^{-2}$ m)

2). ขนาดสนามไฟฟ้า 45.5 นิวตันต่อคูลอมบ์ ($E = 45.5$ N/C)

3). อิเล็กตรอนมีมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg)

4). ประจุอิเล็กตรอน 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ ($q = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ความเร็วของอิเล็กตรอน ($v = ?$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$S = 4 \times 10^{-2}$ m , $E = 45.5$ N/C , $m = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg , $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C , $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C

$v = ?$

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

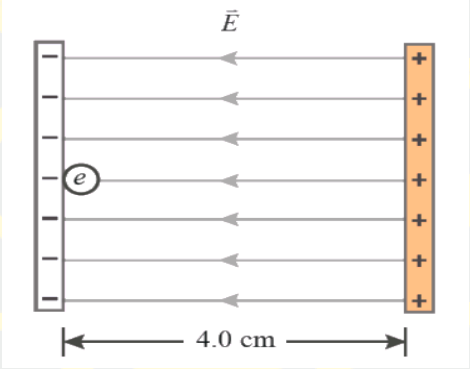
1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุมีค่าเท่ากับประจุคูณสนามไฟฟ้า

- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน “แรงลัพธ์เท่ากับมวลคูณความเร่ง”

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

แรงไฟฟ้าสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $F = qE$ และ $F = ma$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $S = 4 \times 10^{-2}$ m , $E = 45.5$ N/C , $m = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg , $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C ,

$a = 1.6 \times 10^{-19}$ C , $v = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $F = qE$ และ $F = ma$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

จากสมการ $F = qE$

และ $F = ma$

จะได้ $a = \frac{qE}{m}$

$a = \frac{(1.6\times10^{-19})(45.5)}{9.1\times10^{-31}}$

$a = 8.0\times10^{12}\ m/s^2$

จาก $v^2 = u^2 + 2as$

จะได้ $v^2 = 0 + 2(8.0\times10^{12})(4.0\times10^{-2})$

$v^2 = 64\times10^{10}\ m/s$

$v = 8\times10^{5}\ m/s$

ดังนั้น ความเร็วของอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ 8×10^5 *เมตรต่อ*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ความเร็วของอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ 8×10^5 *เมตรต่อวินาที*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

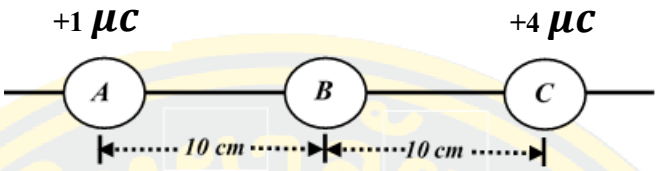
โจทย์ต้องการทราบ ความเร็วของอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ 8×10^5 *เมตรต่อวินาที*

2. หน่วยของคำตอบ

v คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์

7. A , B และ C เป็นจุดประจุวางห่างกันดังรูป จงหาศักย์ไฟฟ้ารวมบนตำแหน่ง B (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)



<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). จุดประจุ A = +1μc ($Q_A = +1 \times 10^{-6}$ C)

2). จุดประจุ B = -2μc ($Q_B = -2 \times 10^{-6}$ C)

3). จุดประจุ C = +4μc ($Q_C = +4 \times 10^{-6}$ C)

4). วางห่างกันเป็นระยะ 10 cm ($r = 10 \times 10^{-2}$ m)

5). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ศักย์ไฟฟ้ารวมบนตำแหน่ง B (V = ?)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q_A = +1 \times 10^{-6}$ C , $Q_B = -2 \times 10^{-6}$ C , $Q_C = +4 \times 10^{-6}$ C , $r = 10 \times 10^{-2}$ m ,
$k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2, V = ?

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

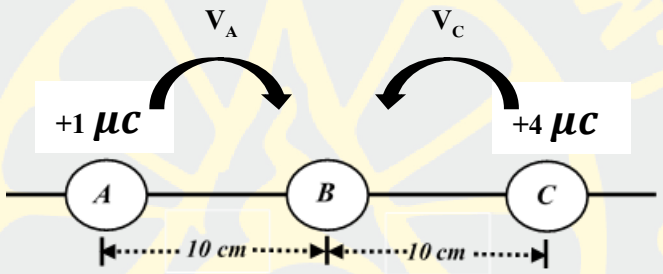
1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q ที่ตำแหน่งห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ r หาได้จาก $V = \frac{kQ}{r}$ *ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบวกให้ค่าบวก แต่ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุลบให้ค่าลบ*

ในการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าและงานในการเคลื่อนประจุไฟฟ้าต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุเสมอ

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

ศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุสามารถหา

สมการ : $V = \frac{kQ}{r}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q_A = +1 \times 10^{-6}\ C$, $Q_B = -2 \times 10^{-6}\ C$, $Q_C = +4 \times 10^{-6}\ C$, $r = 10 \times 10^{-2}\ m$, $k = 9 \times 10^{9}\ N.m^2/C^2$, $V = ?$

บนตำแหน่ง B มีศักย์ไฟฟ้าย่อยสองค่า แสดงไว้ดังรูปประกอบการคำนวณ (ศักย์ไฟฟ้าไม่มีทิศทาง)

V_A *คือ ศักย์ไฟฟ้าของประจุบวกจาก A*

V_C *คือ ศักย์ไฟฟ้าของประจุบวกจาก C*

ต้องการหาศักย์ไฟฟ้ารวม V = ?

ซึ่งหาได้จากสมการ : $V = \frac{kQ}{r}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $V = \frac{kQ}{r}$

หาศักย์ไฟฟ้าย่อย

แทนค่า $V_A = \frac{kQ}{r} = \frac{9\times10^{9}(+1\times10^{-6})}{10\times10^{-2}} = \frac{9\times10^{3}}{10^{-1}} = +9\times10^{4}\ V$ ---------*(1)*

$V_C = \frac{kQ}{r} = \frac{9\times10^{9}(+4\times10^{-6})}{10\times10^{-2}} = \frac{36\times10^{3}}{10^{-1}} = +36\times10^{4}\ V$ --------*(2)*

หาศักย์ไฟฟ้ารวม (ศักย์ไฟฟ้ารวมเท่ากับผลรวมของศักย์ไฟฟ้าย่อย)

จะได้ $V = V_A + V_c$

$V = (+9\times10^{4}) + (+36\times10^{4})$

$V = +4.5\times10^{5}\ V$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้ารวมบนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ $+4.5\times10^{5}$ *โวลต์*

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ศักย์ไฟฟ้ารวมบนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ $+4.5\times10^{5}$ *โวลต์*

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ศักย์ไฟฟ้ารวมบนตำแหน่ง B มีค่าเท่ากับ $+4.5\times10^{5}$ *โวลต์*

2. หน่วยของคำตอบ

V คือ ศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

8. จุดประจุ +2 ไมโครคูลอมบ์ ให้สนามไฟฟ้าออกมาโดยรอบ ถ้าตำแหน่ง A และ B อยู่ห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 20 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ จงหาความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่ง A กับ B (กำหนดค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2 / C^2)

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ประจุไฟฟ้า +2 ไมโครคูลอมบ์ ($Q = +2 \times 10^{-6}$ C)

2). ระยะห่างจากจุด A คือ $r_1 = 20$ cm หรือ 20×10^{-2} m หรือ 0.2 m

3). ระยะห่างจากจุด B คือ $r_2 = 10$ cm หรือ 10×10^{-2} m หรือ 0.1 m

4). ค่าคงตัวตามกฎคูลอมบ์ $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง A กับ B (V_{12} = ?)

เมื่อ A เป็นตำแหน่ง 1

B เป็นตำแหน่ง 2

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$Q = +2 \times 10^{-6}$ C , $r_1 = 0.2$ m , $r_2 = 0.1$ m , $k = 9 \times 10^9$ N.m^2/ C^2 , V_{12} = ?

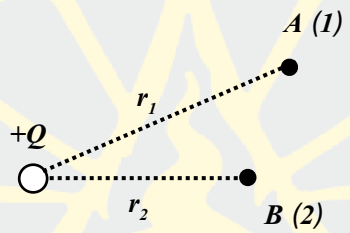
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ความต่างศักย์ไฟฟ้า คือ ผลต่างของระดับไฟฟ้าระหว่างสองตำแหน่ง การคำนวณความต่างศักย์ ให้คิดเครื่องหมายบวกและลบด้วย

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

ความต่างศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $V_{12} = V_1 - V_2$

จะได้สมการ $V_{12} = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $Q = +2 \times 10^{-6}\ C$, $r_1 = 0.2\ m$, $r_2 = 0.1\ m$, $k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$, $V_{12} = ?$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $V_{12} = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ความต่างศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุระหว่างตำแหน่ง 1 กับตำแหน่ง 2 หาได้

สมการ $V_{12} = V_1 - V_2$

แทนค่า $V_{12} = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$

จะได้สมการ $V_{12} = kQ\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

แทนค่า $V_{12} = 9\times10^{9}(+2\times10^{-6})\left(\frac{1}{0.2} - \frac{1}{0.1}\right)$

$V_{12} = 9\times10^{9}(+2\times10^{-6})(5-10)$

$V_{12} = 9\times10^{9}(+2\times10^{-6})(-5)$

$V_{12} = -90\times10^{3}$

$V_{12} = -9\times10^{4}\ V$

ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง A กับ B มีค่าเท่ากับ -9×10^{4} โวลต์

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง A กับ B มีค่าเท่ากับ -9×10^{4} โวลต์

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง A กับ B มีค่าเท่ากับ -9×10^{4} โวลต์

2. หน่วยของคำตอบ

V_{12} คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์

ตัวเก็บประจุ

9. ตัวนำแผ่นขนานต่ออยู่กับความต่างศักย์ 10 โวลต์ และมีประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ความต่างศักย์ 10 โวลต์ ($V = 10\ V$)

2). ประจุไฟฟ้า 5 ไมโครคูลอมบ์ ($Q = 5\times10^{-6}\ C$)

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

ความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้ กี่ไมโครฟารัด ($C = ?\ \mu F$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$V = 10\ V$, $Q = 5\times10^{-6}\ C$, $C = ?\ \mu F$

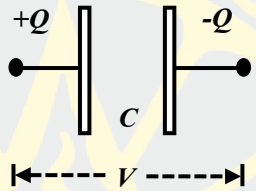
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแผ่นขนาน มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของประจุบนแผ่นใดแผ่นหนึ่งต่อความต่างศักย์ไฟฟ้า

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

ความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้สามารถหาได้จาก ;

สมการ : $C = \frac{Q}{V}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $V = 10\ V$, $Q = 5\times10^{-6}\ C$, $C = ?\ \mu F$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $C = \frac{Q}{V}$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

สมการ $C = \frac{Q}{V}$

แทนค่า $C = \frac{5\times 10^{-6}}{10}$

จะได้ $C = 0.5\ \mu F$

ดังนั้น ความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้ มีค่าเท่ากับ 0.5 ไมโครฟารัด

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

ความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้ มีค่าเท่ากับ 0.5 ไมโครฟารัด

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ ความจุไฟฟ้าของตัวนำแผ่นขนานนี้ มีค่าเท่ากับ 0.5 ไมโครฟารัด

2. หน่วยของคำตอบ

C คือ ความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

10. ตัวเก็บประจุสามอันมีค่าความจุเท่ากับ 4 , 6 และ 12 ไมโครฟารัด ต่อกันแบบอนุกรมและทั้งหมดต่ออยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์ จงหาพลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด

<u>วิธีทำ</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem)

1. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

1). ตัวเก็บประจุมีความจุ 4 ไมโครฟารัด ($C_1 = 4\ \mu F$)

2). ตัวเก็บประจุมีความจุ 6 ไมโครฟารัด ($C_2 = 6\ \mu F$)

3). ตัวเก็บประจุมีความจุ 12 ไมโครฟารัด ($C_3 = 12\ \mu F$)

4). ความต่างศักย์ 10 โวลต์ ($V = 10\ V$)

2. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด ($U = ?\ \mu J$)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

โจทย์ไม่ได้ระบุ

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์

$C_1 = 4\ \mu F$, $C_2 = 6\ \mu F$, $C_3 = 12\ \mu F$, $V = 10\ V$, $U = ?\ \mu J$

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution)

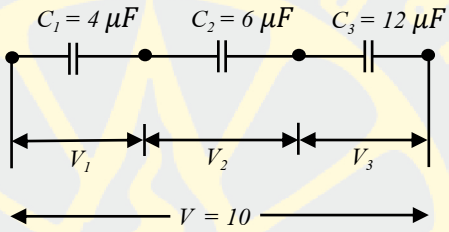
1. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ

- การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ ส่วนกลับความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับผลบวกส่วนกลับความจุไฟฟ้าย่อย

- พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของประจุคูณความต่างศักย์

2. วาดภาพประกอบการคำนวณ

แสดงได้ดังรูป



3. สูตร / สมการ ที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหา

หาความจุไฟฟ้ารวมต่อแบบอนุกรม สามารถหาได้จาก ;

สมการ : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุสามารถหาได้จาก ;

สมการ : $U = \frac{1}{2} CV^2$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์กำหนดให้ $C_1 = 4\ \mu F$, $C_2 = 6\ \mu F$, $C_3 = 12\ \mu F$, $V = 10\ V$, $U = ?\ \mu J$

ซึ่งหาได้จากสมการ : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

และสมการ : $U = \frac{1}{2} CV^2$

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan)

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

หาความจุไฟฟ้ารวมต่ออนุกรม (สมมติ = C)

สมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

แทนค่า $\frac{1}{C} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$

$\frac{1}{C} = \frac{6+4+2}{24} = \frac{12}{24} = \frac{1}{2}$

จะได้ $C = 2\ \mu F$

หาพลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด (สมมติ = U)

สมการ $U = \frac{1}{2}CV^2$

แทนค่า $U = \frac{1}{2}(2\times 10^{-6})(10)^2$

จะได้ $U = 100\ \mu J$

ดังนั้น พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 100 ไมโครจูล

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 100 ไมโครจูล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer)

1. คำตอบครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบ

โจทย์ต้องการทราบ พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 100 ไมโครจูล

2. หน่วยของคำตอบ

U คือ พลังงานสะสมรวมในตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น จูล (J)