การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์

ของ

พัชรฎา พลเยี่ยม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กันยายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์

ของ

พัชรฎา พลเยี่ยม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กันยายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Problem-Solving Ability Using Deductive Teaching Method with STAR Strategy in Mathayomsuksa 5 Students

Patcharada Polyiem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)
September 2021
Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. สุภกร หาญสูงเนิน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้วิจัย พัชรฎา พลเยี่ยม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 24 คน โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR จำนวน 9 แผน ใช้เวลา 18 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ชุด 3) แบบบันทึกหลังการสอนของครู 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เพิ่มขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย, กลวิธี STAR, ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

TITLE Development of Problem-Solving Ability Using Deductive Teaching Method with STAR Strategy in Mathayomsuksa 5 Students

AUTHOR Patcharada Polyiem

ADVISORS Kanyarat Sonsupap , Ph.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2021

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop Problem-solving ability using Deductive Teaching Method integrate STAR strategy in Mathayomsuksa 5 students to pass the criterion of 70 percent of full score. The target group was 24 Mathayomsuksa 5/2 students in academic year 2020 at Strisuksa school, Muang, Roi Et. The research instruments were : 1) nine lesson plans, 2) 3 the Problem-solving ability tests, 3) the teacher's note and 4) students interview. The data were analyzed by using percentage, mean and standard deviation.

The results revealed that the target students who learning using deductive teaching method integrate STAR strategy improved their problem-solving ability. In the first cycle, there were 12 students who reached problem-solving ability at passed the criterion of 70 full score, 19 students in cycle 2 and 22 students in cycle 3 accordingly.

Keyword : Deductive Teaching Method, STAR Strategy, Problem-Solving Ability

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของกระบวนการวิจัยทุกขั้นตอน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา คณะครูและนักเรียนโรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน รวมทั้งนางสาวน้ำฝน ปานเนาว์ ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ ที่ให้การศึกษาอบรมสั่งสอนให้มีสติปัญญา และคุณธรรม อันเป็นเครื่องชี้นำทางสู่ความสำเร็จในชีวิตต่อไป

พัชรฎา พลเยี่ยม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของวิจัย 4

ความสำคัญของวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 9

วิจัยเชิงปฏิบัติการ 16

บริบทของโรงเรียนสตรีศึกษา 26

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย 27

การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR 33

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 43

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 64
1. งานวิจัยในประเทศ 64
2. งานวิจัยต่างประเทศ 66
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 69
กลุ่มเป้าหมาย 69
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 71
การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ 71
การเก็บรวบรวมข้อมูล 85
การวิเคราะห์ข้อมูล 88
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 90
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 90
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละวงจรปฏิบัติการ 90
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 122
ความมุ่งหมายของการวิจัย 122
สรุปผล 122
อภิปรายผล 123
ข้อเสนอแนะ 128
บรรณานุกรม 129
ภาคผนวก 137
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR 138
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 157
ภาคผนวก ค การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 164
ภาคผนวก ง ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 168

ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ... 171

ประวัติผู้เขียน 177

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนสตรีศึกษา ปีการศึกษา 2563 26

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา..... 41

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 42

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา 58

ตารางที่ 5 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการสรุปและตรวจคำตอบ 59

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 60

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 70

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส 72

ตารางที่ 9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบสำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงจรปฏิบัติการ..... 80

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา..... 81

ตารางที่ 11 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 91

ตารางที่ 12 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 24 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 93

ตารางที่ 13 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ 1..... 95

ตารางที่ 14 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1..... 105

ตารางที่ 15 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 107

ตารางที่ 16 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 108

ตารางที่ 17 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2 114

ตารางที่ 18 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 116

ตารางที่ 19 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 117

ตารางที่ 20 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3 120

ตารางที่ 21 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 165

ตารางที่ 22 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 166

ตารางที่ 23 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 167

ตารางที่ 24 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1 169

ตารางที่ 25 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2 169

ตารางที่ 26 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3 170

ตารางที่ 27 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียน 170

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 5

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่ระบุข้อมูลสำคัญในโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 98

ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุข้อมูลสำคัญในโจทย์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 98

ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่เขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 99

ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถเขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 100

ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 100

ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่เขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 101

ภาพประกอบที่ 8 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่มีการแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1 101

ภาพประกอบที่ 9 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถเขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่ไม่สามารถแปลงหน่วยอนุพันธ์ให้เป็นหน่วยฐานได้ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2.... 110

ภาพประกอบที่ 10 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2 111

ภาพประกอบที่ 11 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2 111

ภาพประกอบที่ 12 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2 112

ภาพประกอบที่ 13 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 3..... 118

ภาพประกอบที่ 14 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 3 119

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทำให้ได้พัฒนาวิธีคิด กระบวนการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล การมีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยเลือกใช้ข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องเน้นให้นักเรียนรู้จักกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง อธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหลัก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎี ข้อสรุป หรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้น รวมทั้งสามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (เตชทัต เรืองธรรม, 2559) วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการฝึกทักษะความรู้พื้นฐานของการนำไปใช้ในวิชาต่าง ๆ และมุ่งให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต โดยมุ่งเน้นกระบวนการให้นักเรียนเกิดความคิดความเข้าใจ และฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดพิจารณาอย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นิภาพร ช่วยธานี, 2554) และวิชาฟิสิกส์ยังถือเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ อีกด้วย (Constant, 1967) แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่นั้นจะเป็นการแก้โจทย์ปัญหาที่มีการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และต้องอาศัยความสามารถในการแปลความจากโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปร และสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้นักเรียนประสบปัญหาการวิเคราะห์โจทย์ และไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ นักเรียนจึงไม่สามารถนำกฎ ทฤษฎี หรือสมการต่าง ๆ ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง (Redish, 2003 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556) หรือนักเรียนสามารถท่องจำสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ แต่เมื่อพบเจอโจทย์ปัญหาที่แตกต่างไปจากเดิม นักเรียนยังแยกไม่ออกและไม่รู้ว่าโจทย์ปัญหาแบบไหนควรจะใช้สมการใดในการนำมาแก้ปัญหา หรือไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้นั่นเอง ดังนั้นจึงเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ (ตะวัน พันธ์ขาว, 2557) ซึ่งเป้าหมายสูงสุดของการเรียนวิชาฟิสิกส์ คือ นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ และนำประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากการประเมินคุณภาพการศึกษาพบว่า การศึกษาของเด็กไทยยังคงน่าเป็นห่วง โดยเฉพาะการจัดการศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการประเมินผลการเรียนรู้ของ PISA

(Programme for Internation Student Assessment) ซึ่งทำการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนใน 3 ด้าน คือ ด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินผลนักเรียนนานาชาติของ PISA เน้นสมรรถนะของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะในวิชาหลักที่ได้เรียนมาในชีวิตจริง มีสมรรถนะในการวิเคราะห์ การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถบอกสาระหลัก ตีความประเมิน และมีสมรรถนะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) ผลการประเมิน PISA ในปี 2018 ด้านวิทยาศาสตร์ พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ซึ่งประเทศไทยอยู่อันดับที่ 66 จากทั้งหมด 78 ประเทศ จากการประเมินผล PISA 2018 ซึ่งมีคะแนนด้านวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน จากค่าเฉลี่ย 487 คะแนน ทำให้การศึกษาไทยยังคงห่างไกลจากความเป็นเลิศเมื่อเทียบกับระดับนานาชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) และจากการรายงานผลการสอบ 9 วิชาสามัญ พ.ศ. 2563 ของวิชาฟิสิกส์ในระดับประเทศ พบว่า จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้ คือ 28.82 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้นั้นเป็นค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำสุด และเป็นหนึ่งในสามอันดับสุดท้ายของรายวิชาที่มีการจัดการสอบ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2563) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมายังคงประสบปัญหา จากการศึกษาข้อมูลผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 และ 2562 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.98 และ 30.47 ตามลำดับ (โรงเรียนสตรีศึกษา, 2562) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งสองปีมีคะแนนเฉลี่ยลดลง และนอกจากนี้เมื่อผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไปใช้ตรวจสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวนทั้งหมด 40 คน ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2563 โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งประเมินผลโดยยึดตามเกณฑ์ที่โรงเรียนกำหนดไว้ในระดับดี หรือร้อยละ 70 (โรงเรียนสตรีศึกษา, 2562)

เมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า มีนักเรียนจำนวน 24 คน ที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีคะแนนร้อยละเฉลี่ย 43.71 ซึ่งทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเป็นทักษะที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าวควรที่จะได้รับการพัฒนา และจากการตรวจแบบทดสอบของนักเรียนแล้วทำให้ทราบสาเหตุ คือ นักเรียนขาดทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ไม่สามารถตีความหมายข้อมูลในโจทย์ได้ ไม่ทราบว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ โจทย์ให้หาอะไร เกิดความสับสนในตัวแปร ไม่รู้จะใช้สูตรใด รวมทั้งยังขาดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น เช่น การคูณ การหารจำนวนจริง การถอดรากที่สอง สมบัติเลขยกกำลัง และการย้ายข้างสมการ จึงทำให้ดำเนินการหาคำตอบผิดพลาด อีกทั้งยังขาดความเข้าใจในสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ และหน่วยทางฟิสิกส์อีกด้วย และเมื่อสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ได้ข้อมูลว่า นักเรียนยังขาดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ไม่สามารถ

เชื่อมโยงความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาคเรียนที่ผ่านมาไม่ดีเท่าที่ควร จากสภาพปัญหาดังกล่าวจะเห็นว่า ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการแก้โจทย์ปัญหา เพราะวิชาคณิตศาสตร์เป็นเสมือนเครื่องมือในการหาคำตอบของวิชาฟิสิกส์

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหา เป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการเรียนวิชาฟิสิกส์ซึ่งจะต้องนำความรู้ความเข้าใจในนิยาม หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสำหรับนำมาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย (Deductive Method) คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียน แล้วจึงให้ตัวอย่างการใช้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้นักเรียนฝึกนำทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปนั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย หรือจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า เป็นการสอนที่เริ่มจากหลักการไปสู่ตัวอย่างย่อย ๆ เป็นวิธีการที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หลักการ และสามารถนำหลักการดังกล่าวไปใช้ได้ ข้อดีของวิธีสอนแบบนิรนัย ใช้เวลาน้อย เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วไปใช้ได้เลย ทำให้นักเรียนจำกฎ หรือสูตรได้แม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง (สิริพร ทิพย์คง. 2545 ; ทิศนา แขมมณี. 2556) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย สุวิทย์ มูลคำ และคณะ (2545) ได้เสนอไว้ว่ามี 5 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา 2. ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ 3. ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ 4. ขั้นตรวจสอบและสรุป และ 5. ขั้นฝึกปฏิบัติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคาดว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยจะช่วยให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลไม่เชื่ออะไรง่ายๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ และกล้าตัดสินใจแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง รวมทั้งยังจะทำให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย และผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยนั้นยังมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ยังไม่ชัดเจนนัก ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้นการแก้โจทย์ปัญหา (First letter Mnemonic strategy) หรือกลวิธี STAR ซึ่งเป็นกลวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้นมาใช้เพื่อเป็นตัวช่วยให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาในการหาคำตอบได้อย่างดียิ่งขึ้น กลวิธี STAR มีขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน (Maccini & Hughes, 2000) ประกอบด้วย ขั้น S (Search the word problem) ศึกษาโจทย์ปัญหา ขั้น T (Translate the problem) แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่รูปภาพ ตารางหรือสมการทางคณิตศาสตร์ ขั้น A (Answer the problem) หาคำตอบของโจทย์ปัญหา และขั้น R (Review the solution) ทบทวนคำตอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียน

เข้าใจและสามารถจัดลำดับขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาได้ ช่วยให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาในการหาคำตอบได้ดียิ่งขึ้น ฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด และมีระเบียบขั้นตอนในการคิด นักเรียนจึงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ด้วยหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้พัฒนาการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มสาระอื่น ๆ ให้ดียิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR สำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนได้

2. เป็นข้อสนเทศทางการศึกษาเพื่อช่วยในการพัฒนา และศึกษาค้นคว้าวิจัยในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

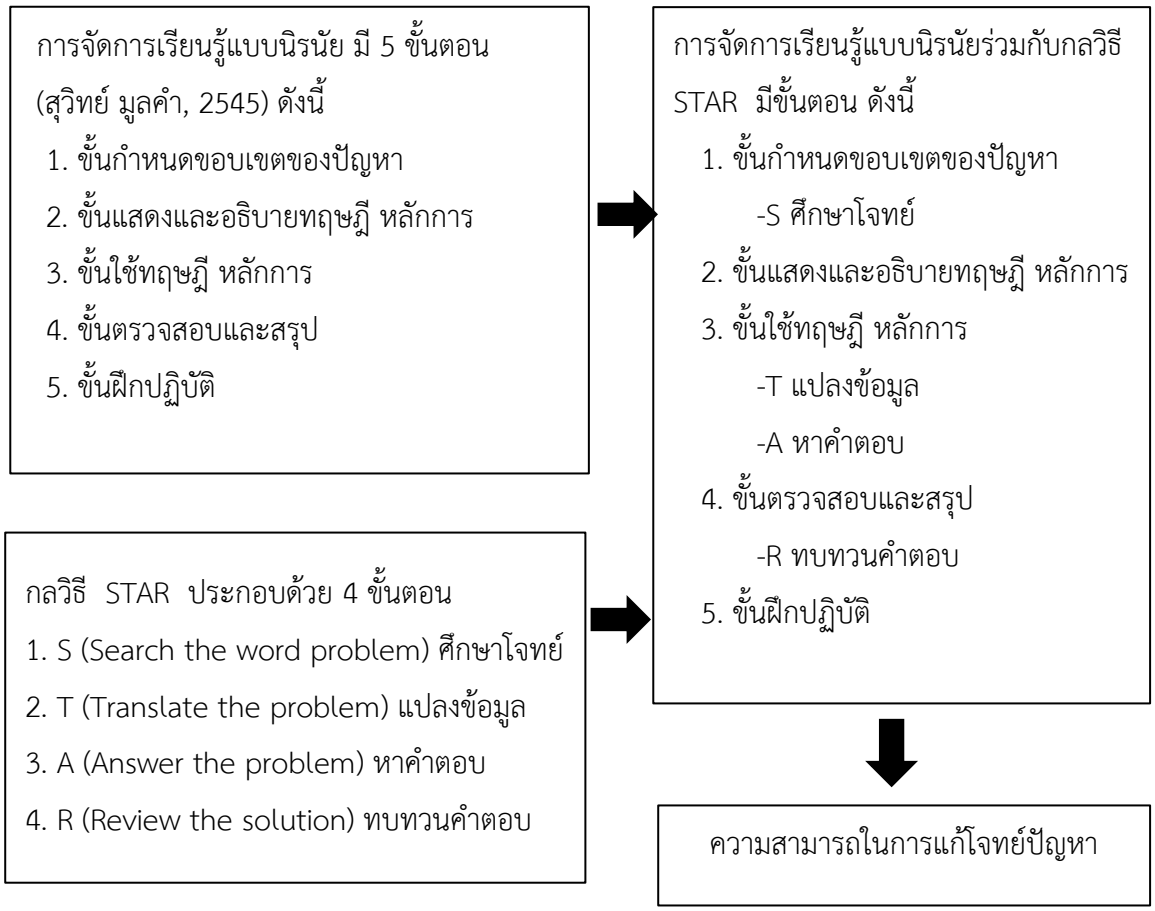
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เขียนกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนนำหลักการ หรือทฤษฎีเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป ของเนื้อหาในบทเรียนให้เข้าใจ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบทฤษฎี หลักการ หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำและให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ใหม่ให้นักเรียนได้พบ หรือให้นักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหา

2. กลวิธี STAR หมายถึง กลวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่มุ่งให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น โดยใช้วิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้นของการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จากนั้นเขียนระบุคำสำคัญว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้เป็นรูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการเขียนสูตร การแทนค่าของตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

3. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป แล้วจึงนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือแก้โจทย์ปัญหา เพื่อฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะได้พิสูจน์ตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสนใจที่จะหาคำตอบ ซึ่งจะตรงกับขั้นตอนแรกของกลวิธี STAR คือ การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) โดยนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาที่ครูนำเสนอ แล้วแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในโจทย์ให้ได้

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป ของเนื้อหาในบทเรียนให้เข้าใจ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดไว้ ซึ่งจะตรงกับขั้นตอนที่ 2 ของกลวิธี STAR คือ การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) โดยให้นักเรียนแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะรูปภาพ หรือแผนภาพ นักเรียนต้องสามารถเขียนสัญลักษณ์ หรือสมการแทนข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาได้ จากนั้นให้นักเรียนใช้ขั้นตอนที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) โดยการนำหลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับปัญหานั้นมาใช้แก้ปัญหาให้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบทฤษฎี หลักการ หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน หรืออินเทอร์เน็ต ซึ่งตรงกับขั้นที่ 4 ของกลวิธี STAR คือ ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) จากนั้นผู้สอนให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ต้องหาคำตอบด้วยตนเอง และไม่มีคำแนะนำจากผู้สอน เพื่อเป็นการฝึกทักษะการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มา หรือต้องการให้หาได้ แล้วทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ของปริมาณทางฟิสิกส์ที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง จากนั้นดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จากนั้นเขียนระบุคำสำคัญว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้เป็นรูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการเขียนสูตร การแทนค่าของตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

5. เกณฑ์ หมายถึง คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน โดยกำหนดให้นักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ที่วัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
2. วิจัยเชิงปฏิบัติการ
3. บริบทของโรงเรียนสตรีศึกษา
4. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย
5. การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR
6. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   7.1 งานวิจัยในประเทศ
   7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญมากในสังคมปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มีเพื่ออำนวยความสะดวกให้มนุษย์ในชีวิตประจำวันทุกอย่างล้วนเป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญใน การค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge-Based Society) ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการ

พัฒนาให้มีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

2. เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยจะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดเป็นระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษาได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงานการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและ

ผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม สารพันธุกรรมการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทาง ชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 ชีววิทยา

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.5 เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระที่ 5 เคมี

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยา เคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด–เบส ปฏิกิริยารี ดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ารวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้ และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.2 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.3 เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุ ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าการเปลี่ยน พลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.4 เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

มาตรฐาน ว 7.3 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษา ตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

สาระที่ 8 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 8.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

4. คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

โรงเรียนสตรีศึกษา (2562) ได้ให้คำอธิบายรายรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

ฟิสิกส์ เล่ม 4

ศึกษาการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง การสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง การได้ยินเสียง ความเข้มเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียง คลื่นนิ่งของเสียง การสั่นพ้องของเสียง การเกิดบีต ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต กฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ ความจุและพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ การต่อตัวเก็บประจุ กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ กฎของโอห์ม สภาพต้านทาน การต่อตัวต้านทาน อีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าการต่อแบตเตอรี่ การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า และเทคโนโลยีด้านพลังงาน โดยใช้กระบวนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิด และการแก้ปัญหา สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นการกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. ทดลอง และอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

5. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

6. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

7. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

8. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

9. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดและปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

10. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

11. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

12. ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

13. ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน

14. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย

วิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ไว้หลายท่าน ดังนี้

Kemmis and McTaggart (1988) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิค แต่แตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองทั้งเป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (Planning) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observing) และการสะท้อนกลับ (Reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการพัฒนา ปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

Johnson (2008) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยระหว่างการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ โดยเป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษา เพื่อทำความเข้าใจและพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงาน

ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์ (2538) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นรูปแบบของวิธีการศึกษาค้นคว้าแบบสะท้อนตนเองของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในสถานการณ์ทางสังคม โดยการพัฒนาด้วยลักษณะที่ชอบธรรมและความชอบด้วยเหตุผลของวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้รูปแบบหรือแนวทางไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพงานนั้น

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2541) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพของงานที่ตนกำลังปฏิบัติอยู่ และขณะเดียวกันก็สร้างความเข้าใจถึงสภาพและกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระบวนการของวงจรแบบบันไดเวียน ข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างดำเนินงานเป็นฐานของการปรับแก้ไขขั้นถัดไป

บุญชม ศรีสะอาด (2535) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการศึกษาค้นคว้า หรือวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ปฏิบัติการที่กำลังดำเนินการอยู่ของผู้วิจัยให้มีคุณภาพ แต่ความรู้หรือผลการวิจัยที่ได้จะอยู่เฉพาะในวงแคบไม่สามารถไปสรุปอ้างอิงกับกลุ่มตัวอย่างอื่น

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือการนำเอาผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบไปปรับปรุงแก้ไขปัญหา และพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้น มีความสอดคล้องกับสภาพรวมไปถึงบริบททางด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ เป็นการวิจัยเพื่อนำผลมาใช้แก้ปัญหาอย่างรีบด่วน หรือปัจจุบันทันที ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องในวงจำกัด โดยไม่สนใจว่าจะใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่

ประสาท เนืองเฉลิม (2556) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือและเป็นระบบในการแสวงหาคำตอบในสถานการณ์หรือบริบทของชั้นเรียน

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง เป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยต้องการที่จะแก้ปัญหานั้นอย่างเร่งด่วน เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

2.2 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้เสนอกรอบลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา (Action Research in Education) ไว้อย่างน่าสนใจ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกันในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎี การปฏิบัติ ตลอดจนการวางนโยบายการวิจัย

2. เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) กิจกรรมการวิเคราะห์ การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผล เพื่อการปรับแผนการปฏิบัติการ

4. ใช้วงจรการปฏิบัติการ ตามแนวคิดของเคมมิส และแมคทากกาท (Kimmis & McTaggart) คือ การวางแผน (Planning) ตลอดจนการปรับปรุงผล (Re-Planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ และเพื่อเผยแพร่ผลการปฏิบัติสู่สังคมต่อไป

ทวีป ศิริรัศมี (2537) ได้อธิบายลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ ดังนี้

1. เริ่มจากความต้องการของผู้ปฏิบัติงานที่จะปรับปรุงการปฏิบัติงานที่มีอยู่ให้ดีขึ้น

2. การวิจัยเริ่มจากปัญหาสังคม หรือปัญหาการปฏิบัติงานมากกว่าปัญหาเชิงทฤษฎี โดยที่ผลการวิจัยมุ่งนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะบริบทได้

3. การวิจัยมุ่งศึกษากับกลุ่มเป้าหมายมากกว่าศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง โดยไม่สนใจที่จะนำผลการศึกษาที่ได้ไปอ้างอิงกับประชากร แต่มุ่งที่จะนำผลที่ได้แก้ปัญหาของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษานั้น

4. การวิจัยที่ดำเนินการโดยอาศัยการประสานความร่วมมือระหว่างทีมนักวิจัยกับผู้ปฏิบัติงาน

5. การวิจัยปฏิบัติการเป็นแบบเชิงพัฒนา ความมุ่งหมายของการวิจัย สมมติฐาน และวิธีการวิจัยสามารถเปลี่ยนแปลงและกำหนดขึ้นมาใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพหรือเงื่อนไขที่เปลี่ยนไป

6. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะต้องได้รับการฝึกอบรมด้านกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ เพื่อจะได้ทำงานร่วมกันอย่างมีระบบและร่วมมือทำงานวิจัย เป็นการวิจัยที่ปรับปรุงการทำงานของหน่วยงานได้ดียิ่งขึ้น และมุ่งให้บุคลากรในหน่วยงานนั้นปรับปรุงทัศนคติเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มด้วย

7. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการประเมินผลตนเองของผู้ปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น โดยมีลักษณะเป็นการประเมินเป็นปรนัย

8. การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาที่ดำเนินการโดยผู้ที่ประสบปัญหาเอง การแก้ปัญหาย่อมมีโอกาสได้รับความสำเร็จมากกว่าการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาที่ดำเนินการโดยบุคคลภายนอก

9. การวิจัยนี้เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในหน้าที่ของบุคคลต่าง ๆ การมีมนุษย์สัมพันธ์และขวัญกำลังใจจึงเป็นเรื่องจำเป็น

10. การวิจัยนี้เกิดจากการวิเคราะห์งานเพื่อการปรับปรุงการปฏิบัติงานในวิชาชีพให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

11. การวิจัยมีจุดมุ่งหมายที่จะเปลี่ยนแปลงองค์กร คือ มุ่งที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุง การปฏิบัติงานในความรับผิดชอบของบุคลากรในองค์กร

12. การวิจัยเกี่ยวกับการวางแผน และการกำหนดนโยบาย ซึ่งมักจะเกี่ยวกับการบริการสาธารณะ หรือการพัฒนาเศรษฐกิจในรูปของโครงการต่าง ๆ

13. การวิจัยเกี่ยวข้องกับนวัตกรรมและการเปลี่ยนแปลง วิธีการในการนำนวัตกรรมและการเปลี่ยนแปลงไปใช้ในการปรับปรุงระบบการทำงานให้ดีขึ้น

14. การวิจัยมีลักษณะเป็นการดำเนินการ เป็นการประเมินผลการปฏิบัติงานไปในตัว จะมีการประเมินผลความก้าวหน้าเป็นระยะ ทำให้ทราบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน กิจกรรมการประเมินจะนำมาใช้ในการปรับปรุงให้ไปในทิศทางที่ต้องการ

15. การวิจัยเป็นการดำเนินงานภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมปกติ โดยลดการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ

16. ตลอดระยะเวลาของการวิจัยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ มีการอภิปรายข้อมูลข่าวสาร การบันทึกข้อมูลข่าวสาร การประเมินผล และการจัดกระทำข้อมูลเป็นระยะ

อย่างต่อเนื่อง การวิจัยปฏิบัติการให้ความเชื่อถือในข้อมูลเชิงประจักษ์ และข้อมูลทางพฤติกรรม ความต่อเนื่องของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการวิจัย

17. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างการดำเนินการวิจัย มักจะต้องพัฒนาขึ้นมาอยู่เสมอ ตามสภาพการณ์หรือเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้ร่วมวิจัยจะต้องช่วยกันคิดหาเครื่องมือใหม่ ๆ หรือวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลขึ้นมาใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายของการวิจัยที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์และเงื่อนไขที่เปลี่ยนไป

18. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ โดยไม่ยึดมั่นอยู่กับมาตรฐานของแบบการวิจัยที่เป็นแบบแผน ความมุ่งหมายของการวิจัยอยู่ที่การแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมเฉพาะหน้าไปได้ มุ่งเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือเพื่อการสรุปทั่วไปที่สามารถนำไปอ้างอิงกับสภาพแวดล้อมอื่นเป็นสำคัญ

19. การประเมินผลคุณค่าของการวิจัยปฏิบัติการ ผู้พิจารณาในแง่ของขอบเขตที่วิธีการแก้ปัญหาหรือกระบวนการวิจัย และผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานในสภาพเฉพาะได้ดี

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 8 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน (Practical Problem) ที่ผู้ปฏิบัติงานระดับล่างมักจะประสบในขณะทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวันมากกว่าการเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี (Theoretical Problem) ซึ่งได้รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาความรู้ใด ๆ โดยเฉพาะ

2. มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อการทำความเข้าใจ (Understanding) ต่อสภาพปัญหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครู ผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัด ภายใต้กระบวนการใคร่ครวญตรวจสอบ ในลักษณะสะท้อนกลับของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ลงมือกระทำลงไปอย่างวิพากษ์วิจารณ์ (Critically) อันจะนำไปสู่การได้แนวทางปฏิบัติการสำหรับใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนั้นยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาวะการณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นการเฉพาะ

3. มุ่งเน้นการตีความหมายเหตุการณ์ หรือสภาวะการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นตามความคิดเห็น หรือทัศนะของผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาดังกล่าวมากกว่าการอาศัยแนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือหลักการของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทางการกระทำ การติดต่อสื่อสาร หรือพฤติกรรมใด ๆ ของมนุษย์ทั้งที่

ปรากฏให้เห็นเด่นชัด หรือไม่เห็นเด่นชัดในเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาหนึ่ง ๆ สามารถตีความหมายได้โดยการสรุปอ้างอิง (Inference) จากแรงจูงใจ ความเชื่อ เจตนา หรือจุดมุ่งหมายของผู้แสดงพฤติกรรม ประกอบเข้ากับบริบทแวดล้อมที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้น เช่น บรรทัดฐาน ค่านิยม และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางสังคมเป็นสำคัญ โดยนัยดังกล่าวนี้แสดงว่านักวิจัยไม่สามารถตีความหมายพฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลใด ๆ ได้เลย ถ้าปราศจากการพิจารณาบริบทแวดล้อมพฤติกรรมนั้น ๆ มาประกอบด้วย

4. เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย การเสนอรายงานผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำสำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชา (Technical term) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรม เพื่อทำให้ง่ายต่อการติดตาม ทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่น ๆ สามารถตรวจสอบความตรง (Validity) ได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของกระบวนการวิจัย

5. มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือและไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระและความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6. ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลองและการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) หรือวิธีการทางสถิติใด ๆ (Statistical Control) แนวคิดพื้นฐานดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการละเลย หรือมองข้ามความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่ปรับวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืน หรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาสภาวะการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแสวงหาความรู้ความจริงด้วยเหตุนี้ การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณที่อาศัยแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ

7. ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น การสรุปอ้างผลการวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมไปยังห้องเรียน หรือโรงเรียนที่มีทำเลที่ตั้งหรือบริบทอื่น ๆ แตกต่างไปจากทำเล หรือบริบทที่ทำการวิจัยจริง มีลักษณะค่อนข้างจำกัดกว่าการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่สามารถอาศัยกฎของความครอบคลุม (Covering law) ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุ (Causal Relationships) ดังนั้นในทางปฏิบัติ

โดยทั่วไป การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการจึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุมข้ามไปยังขอบเขตอื่นที่นอกเหนือจากนี้ก็สามารถกระทำได้ ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่านั้น มีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ในสภาวะการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ประกอบด้วย

8. สร้างดุลยภาพและความเสมอภาคระหว่างทัศนะของบุคคลภายในและภายนอก นักวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายใน (Insider) และบุคคลภายนอก (Outsider) ของสถานที่ทำการศึกษาวิจัย มีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ บุคคลภายในมีบทบาทเป็นทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติ และเป็นนักวิจัยปฏิบัติการในสถานที่ทำงานของตนเอง ในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญ ผู้ให้คำปรึกษาทางวิชาการให้กับบุคคลภายในและเป็นนักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายใน นักวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาวะการณ์ นอกจากนี้จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการวิจัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด หรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้นในขณะปฏิบัติงานวิจัย

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการพัฒนาขึ้นมาจากฐานคติความเชื่อ (Assumption) สำคัญที่ว่าการสร้างสรรค์และการใช้ความรู้เชิงปฏิบัติการ (Action or Practical Knowledge) สำหรับการแก้ไขปัญหาหรือการพัฒนาใด ๆ ในองค์กร ชุมชน หรือสังคมหนึ่ง ๆ จะต้องตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานของความเป็นประชาธิปไตย ความยุติธรรม ความสันติสุข และความสอดคล้องกลมกลืนกับบริบททางด้านวัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ รวมทั้งอยู่ใต้บรรยากาศของความเอื้ออาทร หรือเป็นแบบกัลยาณมิตรที่นักวิจัยและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการวิจัยมีการเรียนรู้ร่วมกัน รวมทั้งยอมรับฟังความคิดเห็นและให้เกียรติซึ่งกันและกัน ความรู้เชิงปฏิบัติการที่เป็นผลผลิตอันเกิดจากความร่วมมือร่วมใจระหว่างนักวิจัยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) โดยผู้ปฏิบัติงานซึ่งมีความใกล้ชิดกับปัญหาได้เกิดความรู้สึกในการเป็นเจ้าของความรู้ จึงเป็นปัจจัยผลักดันสำคัญต่อแนวโน้มชุมชน หรือสังคมให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป ซึ่งลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปจะมีการนำความรู้นั้น ๆ ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา หรือปรับปรุงการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมของงานให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

2.3 ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis และ McTaggart (ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. 2537; อ้างอิงมาจาก Kemmis and McTaggart) ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในแนวการนำไปใช้ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไขร่วมกันระหว่างครูและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง อาจเป็นครูคนอื่น ๆ ที่สอนร่วมกัน นักเรียน ผู้ปกครอง หรือผู้บริหาร โดยการสำรวจสภาพการณ์ของปัญหาว่ามีอย่างไรบ้าง ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไร ปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับใครบ้าง จะมีวิธีแก้ไขในรูปแบบใดบ้าง และการปฏิบัติการแก้ไขจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องใดบ้าง เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีใช้คำถามในชั้นเรียน นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม เนื้อหาบางหัวข้อในแบบเรียนจะต้องตัดทอน หรือขยายเพิ่มเติม ผู้บริหารต้องรับทราบการเปลี่ยนแปลงบางอย่างและให้การสนับสนุน เป็นต้น ในขั้นการวางแผนจะมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะช่วยให้มองสภาพการณ์ของปัญหาชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแนวคิดที่มีการกำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินการลงมือปฏิบัติ ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ประกอบกันไปด้วย โดยรับฟังจากผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ จากการปฏิบัติจะเป็นการมองย้อนกลับว่า แผนที่วางไว้นั้นสมเหตุสมผลกับการปฏิบัติได้จริงมากน้อยเพียงใด และอาจจะมีอุปสรรคอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องโดยไม่คาดคิด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ฉะนั้น แผนงานที่กำหนดไว้อาจยืดหยุ่นได้ โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งสู่การปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขณะที่การวิจัยดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้ เป็นเรื่องแน่นอนว่าสภาพการณ์จริงนั้นต้องมีความไม่ราบรื่น อุปสรรค และมีการขัดข้องบางประการ ฉะนั้น จึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตการณ์ควบคู่ไปด้วย ควรมีการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างระมัดระวัง ด้วยความใจกว้าง พร้อมกับจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นจากสิ่งที่เกิดขึ้น ทั้งสิ่งที่คาดหวังและสิ่งที่ไม่ได้คาดหวัง สิ่งที่ต้องทำการสังเกต คือกระบวนการของการปฏิบัติการ (The Action Process) ผลของการปฏิบัติการ (The Effect of Action) ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยตั้งใจหรือไม่ได้ตั้งใจก็ได้ และสภาพการณ์แวดล้อมและข้อจำกัดของการปฏิบัติการการสังเกตการณ์นี้ รวมถึงการรวบรวมผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติทั้งโดยการเห็นด้วยตา การได้ฟัง และการใช้เครื่องมือแบบทดสอบวัดผลออกมาในเชิงตัวเลข หรือใช้แบบสำรวจ แบบสอบถาม วัดสิ่งที่ต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงด้วย ขณะที่การปฏิบัติการวิจัยกำลังดำเนินงานควบคู่กับการใช้การสังเกตผลการปฏิบัตินั้น ควรเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสมช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การจัดบันทึกสะสม การใช้บันทึกภาคสนาม การวิเคราะห์เอกสาร การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การใช้เครื่องบันทึกเสียง การใช้แบบทดสอบ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) คือ การประเมิน หรือการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา หรือสิ่งที่เป็นข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการวิจัย จะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน และของระบบ

การศึกษาที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการอภิปรายปัญหาเป็นพื้นฐานข้อมูลที่นำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติต่อไป

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์ หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไขปัญหา การต่อต้าน รวมทั้งสภาวะการณ์เงื่อนไขอื่น ๆ ที่สภาพแวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวัง และควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นอยู่ในขณะนั้น การปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

ขั้นที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

ขั้นที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์ กระบวนการ และผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรค การพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย จะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวน และปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบต่อไป

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) ได้ให้ขั้นตอนของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้

1.1 ความหมายของปัญหาการเรียนรู้หรือปัญหาวิจัย หมายถึง ประเด็นข้อสงสัยหรือคำถามที่ครูนักวิจัยต้องการดำเนินการเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงด้วยกระบวนการวิจัย ปัญหาวิจัยจะมีลักษะเป็นข้อสงสัยของครูนักวิจัยต่อสภาพการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นความแตกต่างและไม่แตกต่างระหว่างสภาพที่คาดหวังกับสภาพที่เป็นจริง สำหรับตัวอย่างของสภาพที่เป็นอยู่ เช่น นักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียน เรียนแบบท่องจำ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่ำ และตัวอย่างของสภาพที่ควรจะเป็นประเทศกำลังก้าวไปสู่สังคมเทคโนโลยี และข่าวสารข้อมูล ควรพัฒนานักเรียนให้สนใจวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนคิด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรอยู่ในระดับที่ได้มาตรฐาน

1.2 วิธีการวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ปัญหาวิธีนี้จะใช้วิธีการตั้งคำถามเกี่ยวกับสภาพปัญหา การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนโดยใช้คำถามหลักคืออะไร ทำไม หรืออย่างไร แล้วนำไปสู่การกำหนดเป็นปัญหาวิจัยที่ครูนักวิจัยสนใจอยากค้นหาคำตอบหรือหาแนวทางพัฒนา ซึ่งจะทำให้ได้ปัญหาวิจัยและหัวข้อวิจัย หรือชื่อเรื่องวิจัยที่หลากหลาย

2. เมื่อวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้ได้แล้ว ครูนักวิจัยจะต้องเลือกนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหาการเรียนรู้ และครูนักวิจัยสามารถสร้างหรือจัดหาได้ด้วยตนเอง นวัตกรรมการเรียนรู้ หรือนวัตกรรมการเรียนการสอน (Instructional innovation) หมายถึง แนวคิด วิธีการ กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาการเรียนรู้หรือพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและพัฒนาผู้เรียนได้มีคุณภาพ

3. การออกแบบและสร้างนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา เป็นการคิดกำหนดแบบหรือโครงร่างของนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาตามที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 2 เช่น แบบฝึก หรือชุดฝึกควรมีลักษณะอย่างไร มีกี่แบบฝึก รูปแบบของแบบฝึก หรือชุดฝึกควรเป็นอย่างไร มีกี่แบบ เป็นต้น การออกแบบนวัตกรรมจะช่วยทำให้ครูนักวิจัยมองเห็นภาพโครงสร้าง ส่วนประกอบทั้งหมดของภาพรวมทั้งหมด ซึ่งสะดวกต่อการสร้างหรือจัดทำต่อไป เมื่อออกแบบเสร็จแล้วก็ลงมือสร้างหรือจัดทำนวัตกรรมตามแบบหรือโครงร่างที่กำหนดไว้ หากต้องการให้ได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพ มีความเชื่อมั่นต่อการนำไปใช้มากขึ้น ครูนักวิจัยอาจให้เพื่อนครูหรือผู้รู้ตรวจสอบ พิจารณานวัตกรรมก่อนจะดี แล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ตรวจสอบ ถือว่าเป็นการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของนวัตกรรมก่อนจะนำไปใช้จริง ซึ่งจะช่วยให้ได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพมากขึ้น

4. การใช้นวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ หรือจัดการเรียนการสอนโดยใช้นวัตกรรมวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนาที่ได้จัดทำไว้กับประชากรหรือกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนที่มีปัญหาการเรียนรู้

หรือต้องการพัฒนาตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ สังเกตผล หรือเก็บรวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัยต่อไป

ประสาท เนืองเฉลิม (2556) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน เป็นขั้นตอนของการสำรวจบริบทของครูว่ามีปัญหาอะไร แล้ววิเคราะห์ว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุมาจากอะไร และจะสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานส่วนใดบ้าง

ขั้นที่ 2 การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับกำหนดให้มีวัตถุประสงค์ วิธีการ และวางแผนเพื่อนำไปลงมือปฏิบัติให้ค้นคว้าคำตอบ หรือพัฒนานวัตกรรมและการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติการที่เป็นปัญหา

ขั้นที่ 3 การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามแผนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากที่มีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาตามแผนจนปรากฏผลแล้ว นักวิจัยต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีสิ่งใดที่เกิดขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาไปบ้าง เพื่อสรุปและวางแผนเพื่อการปรับปรุงแก้ปัญหาใหม่ในวงรอบต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติ โดยอ้างอิงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยทำการสำรวจสภาพปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยทำการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นการสะท้อนผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่าง ๆ ว่าได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติต่อไป

บริบทของโรงเรียนสตรีศึกษา

จากข้อมูลพื้นฐานโรงเรียน โรงเรียนสตรีศึกษา เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 กระทรวงศึกษาธิการ เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีนักเรียนทั้งหมด 3,631 คน มีห้องเรียนทั้งหมด 98 ห้องเรียน ตั้งอยู่ที่ ถนนสุริยเดชบำรุง อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด มีเนื้อที่ 25 ไร่ 1 งาน 93 4/10 ตารางวา

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนสตรีศึกษา ปีการศึกษา 2563

ระดับชั้นเรียน	เพศ		รวม	จำนวนห้อง
	ชาย	หญิง		
ม.1	26	502	528	14
ม.2	28	494	522	14
ม.3	31	493	524	14
ม.4	89	598	687	19
ม.5	82	597	679	19
ม.6	84	607	691	18
รวมทั้งหมด	**340**	**3,291**	**3,631**	**98**

นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในห้องนี้จะเป็นผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย ภาพรวมนักเรียนมีความกระตือรือร้น และตั้งใจเรียน ให้ความร่วมมือกับครูเป็นอย่างดี มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย แต่ก็จะมีส่วนน้อยที่ชอบแอบเล่นโทรศัพท์ในขณะที่ครูสอน และขาดความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย อีกทั้งนักเรียนยังไม่ยอมกลับไปทบทวนบทเรียนอีกด้วย

จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและสอบถามครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ กล่าวว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ และขาดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น เช่น การคูณ การหารจำนวนจริง การถอดรากที่สอง สมบัติเลขยกกำลัง และการย้ายข้างสมการ เป็นต้น รวมทั้งยังขาดความเข้าใจในสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หน่วยทางฟิสิกส์ และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไปทดสอบกับ

นักเรียนกลุ่มดังกล่าว พบว่า นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปเป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ยังไม่ถูกต้อง เลือกใช้สูตรผิดพลาด และไม่รอบคอบในกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์และความรอบคอบในการทบทวนคำตอบ จึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกนักเรียนกลุ่มนี้ ซึ่งมีจำนวน 24 คน มาเป็นกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยมาจากภาษาอังกฤษว่า Deductive Method ในบางครั้งมีผู้ใช้เป็นภาษาไทยว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอนุมาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย โดยมีผู้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ดังนี้

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้ให้ความหมายไว้ว่า วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นวิธีสอนที่เริ่มต้นจากการนำนัยทั่วไป กฎหรือสูตรที่ทราบอยู่แล้วมาตรวจสอบข้อเท็จจริง แล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่และเกิดข้อสรุปใหม่ขึ้น

ชาตรี เกิดธรรม (2547) ได้ให้ความหมายไว้ว่า วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นการสอนที่เริ่มจากกฎหรือหลักการต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนหาเหตุผลมาพิสูจน์ยืนยัน โดยให้นักเรียนรู้จักใช้สูตร กฎ และหลักฐานต่าง ๆ มาช่วยในการแก้ปัญหา ฝึกหัดให้นักเรียนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะพิสูจน์ให้เห็นจริงเสียก่อน

สุวิทย์ มูลคำ (2551) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเป็นการสอนจากทฤษฎี หรือกฎไปสู่ตัวอย่างที่เป็นรายละเอียด โดยสอนจากกฎ ทฤษฎี หลักเกณฑ์ ข้อเท็จจริง หรือข้อสรุปตามวัตถุประสงค์จากตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง ฝึกนำทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้ให้ความหมายว่า คือ วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยการช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียน แล้วจึงให้ตัวอย่างการใช้ทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้ผู้เรียนฝึกนำทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้น ๆ อย่างลึกซึ้งขึ้น หรือกล่าวสั้น ๆ ได้ว่าเป็นการสอนจากหลักการไปสู่ตัวอย่างย่อย ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนนำหลักการ หรือทฤษฎีเหล่านั้น ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ

2. วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ไสว ฟักขาว (2544) ได้กล่าวว่า จุดประสงค์ของวิธีสอนแบบนิรนัย มีดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักกฎ สูตร และหลักการต่าง ๆ ไปอ้างอิงใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผล

2. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนรู้จักใช้เหตุผลมาประกอบการพิสูจน์องค์ความรู้ต่าง ๆ ก่อนตัดสินใจเชื่อว่าถูกต้อง

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548) ได้กล่าวว่า วัตถุประสงค์ของการสอนแบบนิรนัย มีดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนได้เอาหลักความจริง กฎ นิยาม สูตร หรือทฤษฎีไปใช้ให้เป็นประโยชน์

2. เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จะต้องมีการพิสูจน์ความจริงหรือวิเคราะห์ให้เสร็จสิ้นเสียก่อน

3. เพื่อให้ผู้เรียนได้ขจัดสิ่งที่ผู้เรียนได้สรุปสิ่งต่าง ๆ โดยไม่คิดไตร่ตรอง และมีหลักเกณฑ์ในการสรุปสิ่งต่าง ๆ

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของวิธีสอนโดยใช้การนิรนัยไว้ว่า เป็นวิธีการที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หลักการและสามารถนำหลักการดังกล่าวไปใช้ได้

จากวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมา สรุปได้ว่า เป็นการสอนที่ครูผู้สอนมุ่งให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์หาเหตุผลของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะเชื่อหรือสรุปเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยไม่มีหลักการ

3. องค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้เสนอองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. มีผู้สอนและผู้เรียน

2. มีทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปต่าง ๆ

3. มีตัวอย่างสถานการณ์ที่หลากหลาย ที่สามารถนำทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปนั้นนำไปใช้ได้

4. มีการฝึกนำทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

5. มีผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการนำหลักการไปใช้

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

เอ็กเกน (Eggen, Kauchak and Harder. 1979) ได้จัดขั้นตอนในการสอนแบบนิรนัยไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนและการจัดเตรียมตัวอย่างที่จะนำไปใช้ในการประกอบการสอน

ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินการสอน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ครูเสนอปัญหาและหลักการในการแก้ปัญหา

2.2 ครูอภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกับนักเรียน

2.3 ครูแสดงตัวอย่างซึ่งเป็นหลักการและตัวอย่างซึ่งไม่ใช่หลักการ เพื่ออภิปรายและวิเคราะห์ในห้องเรียน

2.4 ครูให้นักเรียนหาตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง และเสนอตัวอย่างเหล่านั้นในห้องเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นประเมินผล ถ้าเรียนที่เรียนเป็นหลักการ (Generalization) การประเมินผลทำได้ ดังนี้

3.1 จัดแบ่งตัวอย่างให้นักเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนบอกการนำตัวอย่างที่เป็นหลักการไปใช้

3.2 ซักถามนักเรียนเกี่ยวกับการนำหลักการไปใช้พยากรณ์หรืออ้างอิง

3.3 ให้นักเรียนยกตัวอย่างซึ่งเป็นหลักการ และบอกวิธีการนำไปใช้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) ได้แบ่งขั้นตอนการสอนแบบนิรนัยไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน โดยการเสนอปัญหาหรือระบุในสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ ปัญหาที่นำเสนอควรจะเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของชีวิตและเหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ เป็นการนำเอาทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ต้องการสอนมาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎี หลักการเหล่านั้น

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะเลือก ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะตรวจสอบทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ หรือจากการทดลอง ข้อสรุปที่ได้พิสูจน์หรือตรวจสอบว่าเป็นจริง จึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เมื่อผู้เรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป พอสมควรแล้ว ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนฝึกนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย

ณยศ สงวนสิน (2547) ได้สรุปขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสอนแบบนิรนัยหรือวิธีสอนแบบอนุมาน (Deductive teaching) โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียม เป็นการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน รวมถึงจัดเตรียมอุปกรณ์ในการเรียนการสอน

ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินการสอน เป็นการดำเนินการสอนให้ตรงกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยครูเป็นผู้เสนอหลักการ หรือกฎเกณฑ์ที่มีอยู่แล้วมาแสดงให้นักเรียนรู้ และให้นักเรียนได้เลือกใช้กับปัญหาให้เหมาะสมกับที่นักเรียนพบ

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปกฎเกณฑ์ ครูอธิบายความเป็นมาของสูตรให้นักเรียน เพื่อนักเรียนจะได้เข้าใจ สามารถสรุปกฎเกณฑ์ สูตร และเข้าใจในหลักการ และตัดสินใจเลือกหลักการเพื่อนำไปใช้ได้ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล คือ เป็นการทดสอบหลักการอีกครั้ง เพื่อดูความสมเหตุสมผลโดยการทำแบบฝึกหัด ค้นคว้าจากตำรา และทดลอง

ชาตรี เกิดธรรม (2547) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสอนแบบนิรนัยไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอธิบายปัญหา โดยระบุสิ่งที่สอนในแง่ของปัญหา เพื่อยั่วยุให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ ปัญหาจะต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงของชีวิต และเหมาะสมกับวุฒิภาวะของเด็ก

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายข้อสรุป เป็นการนำเอาข้อสรุป กฎ หรือนิยามมากกว่า 1 อย่างมาอธิบาย เพื่อให้นักเรียนได้เลือกใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นตกลงใจ เป็นขั้นที่นักเรียนจะเลือกข้อสรุป กฎ หรือนิยามที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นพิสูจน์ หรืออาจเรียกว่า ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นที่สรุปกฎหรือนิยามว่าความจริงหรือไม่ โดยการปรึกษา ค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ และจากการทดลอง ข้อสรุปที่ได้พิสูจน์ว่าเป็นจริงจึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้สอนถ่ายทอดความรู้ ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 2 ผู้สอนให้ตัวอย่างสถานการณ์หลากหลาย ที่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปใช้

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ นำความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

ขั้นที่ 4 ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์และอภิปรายการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 5 ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบนิรนัยเป็นรูปแบบการสอนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการ หรือทฤษฎีก่อน จากนั้นค่อยให้นักเรียนนำหลักการ หรือทฤษฎีที่ได้เรียนมาไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี หลักการ และมโนทัศน์ต่าง ๆ ในบทเรียนอย่างลึกซึ้ง และในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยของสุวิทย์ มูลคำ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป ของเนื้อหาในบทเรียนให้เข้าใจ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบทฤษฎี หลักการ หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำและให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ใหม่ให้นักเรียนได้พบ หรือให้นักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหา

4. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย

4.1 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้สรุปถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. ใช้เวลาน้อย เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วมาใช้ได้

2. ทำให้นักเรียนจำกฎหรือสูตรได้แม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง

3. ช่วยทำให้การแก้ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. เป็นวิธีการที่ช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ง่าย รวดเร็วและไม่ยุ่งยาก

2. ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มากนัก

3. ฝึกให้ผู้เรียนนำทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป หรือนิยามไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

4. ฝึกให้ผู้เรียนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการพิสูจน์ให้เห็นจริง

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. เป็นวิธีการสอนที่ช่วยถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้อย่างรวดเร็วและไม่ยุ่งยาก

2. เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการนำทฤษฎี/หลักการไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

3. เป็นวิธีสอนที่เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนที่มีความสามารถหรือเรียนรู้ได้เร็วสามารถพัฒนา โดยไม่ต้องรอผู้เรียนรู้ได้ช้ากว่า

จากข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย สรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลาน้อย เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่ได้เรียนมานำไปใช้ได้เลย ทำให้นักเรียนจำกฎ หลักการหรือสูตรได้อย่างแม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนให้เป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะได้พิสูจน์ด้วยตนเอง

4.2 ข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนแบบนี้คือ สามารถนำมาใช้สอนได้เฉพาะบางเนื้อหา และเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนที่เริ่มเรียนเข้าใจกฎหรือสูตรที่เป็นนามธรรม ถ้านักเรียนจำสูตรไม่ได้นักเรียนลืมกฎ หรือสูตรนั้น นักเรียนก็จะไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. เป็นวิธีการที่ใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา ส่งเสริมคุณค่าในการแสวงหาความรู้และคุณค่าทางอารมณ์ค่อนข้างน้อย

2. เป็นวิธีการที่ผู้สอนต้องเตรียมตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ดี มีความชัดเจนและหลากหลายให้ผู้เรียนฝึกทำ

3. ผู้เรียนบางส่วนอาจใช้วิธีท่องจำมากกว่าทำความเข้าใจอย่างแท้จริง ความจำจึงกลายเป็นเรื่องจำเป็นและเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าผู้เรียนลืมทฤษฎี กฎ สูตร ก็ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

ทิศนา แขมมณี (2562) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. เป็นวิธีสอนที่ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่าง/สถานการณ์/ปัญหาที่หลากหลายมาให้ผู้เรียนได้ฝึกทำ

2. เป็นวิธีสอนที่ขึ้นกับความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการนำเสนอทฤษฎี หลักการ

3. เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนที่เรียนรู้ได้ช้า อาจจะตามไม่ทันเพื่อน และเกิดปัญหาในการเรียนรู้

จากข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย สรุปได้ว่า เป็นวิธีสอนที่ใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา และไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดด้วยตนเอง นักเรียนต้องจำสูตรมาใช้ ซึ่งถ้าลืมกฎหรือสูตรก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้

การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR

1. ความเป็นมาของกลวิธี STAR

การสอนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธี STAR (STAR Strategy Steps) เป็นกลวิธีการสอนให้นักเรียนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น (First letter Mnemonic Strategy) ของการแก้ปัญหา

Ellis and Lenz (1996) กล่าวว่า กลวิธีการจำตัวอักษร ซึ่งเกิดจากการนำตัวอักษรแรกของแต่ละขั้นตอนมาทำให้เกิดคำใหม่และให้นักเรียนจดจำ สามารถใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำขั้นตอน หรือวิธีการทำเป็นลำดับได้

Oas, Schumaker and Deshler (2006) ได้เสนอแนะเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาว่า กลวิธีการใช้ตัวอักษรตัวแรกช่วยในการจำ ออกแบบมาเพื่อช่วยจำแนกข้อมูลที่สำคัญต่อการเรียนจำแนกรายละเอียดและจดจำรายละเอียดแต่ละขั้นโดยใช้เครื่องช่วยจำ คือ ตัวอักษรตัวแรกของแต่ละขั้น

Maccini & Gagnon, (2006) ได้พัฒนาวิธีการสอนแก้ปัญหา โดยใช้กลวิธี STAR ขึ้นเพื่อชี้แนะนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนให้สามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาและลำดับขั้นตอนย่อยครบทั้งกระบวนการในการแสดงความหมายและหาคำตอบของปัญหา เพื่อเป็นพื้นฐานสู่การเป็นนักแก้ปัญหาที่ดี

จากความเป็นมาของกลวิธี STAR สรุปได้ว่า กลวิธี STAR เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกออกแบบมา เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหา หรือแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องช่วยจำ คือ ตัวอักษรตัวแรกของแต่ละขั้น

2. ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR

Nagel, Schumaker and Deshler (1986) ได้อธิบายวิธีการดำเนินการสอนไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทดสอบก่อนเรียนและบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นการวัดทักษะของนักเรียนโดยพิจารณาการสร้างข้อความเพื่อจดจำและทำให้นึกถึงข้อมูลเหล่านั้น เพื่อจุดประสงค์การเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemonic Strategy)

ขั้นที่ 2 อธิบาย โดยให้นักเรียนแบ่งปันการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemonic Strategy) ให้นักเรียนได้อธิบายสำหรับลักษณะโดยรวมของสถานการณ์ที่ต้องใช้กลวิธีในการจำนำมาใช้ให้นักเรียนอธิบายถึงประโยชน์ ได้ความรู้มากขึ้นในการใช้กลวิธีนี้ อธิบายขั้นตอนสำหรับการออกแบบเครื่องมือที่ช่วยในการจดจำข้อความ

ขั้นที่ 3 ยกตัวอย่าง ให้นักเรียนสาธิตการสร้างข้อความอย่างไร ออกแบบเครื่องมือที่ช่วยในการจดจำ และการจดจำข้อมูลจากข้อความ

ขั้นที่ 4 การระบุตัวอักษร เพื่อความแน่ใจนักเรียนสามารถตรวจสอบด้วยตัวเขาเองตามขั้นตอนกลวิธีการจำตัวอักษรแรกของลำดับขั้น (First Letter Mnemonic Strategy)

ขั้นที่ 5 การตอบสนองและวิธีปฏิบัติการตรวจสอบ สอนนักเรียนถึงการปฏิบัติ 5 ขั้นตอน สำหรับการสร้างเครื่องช่วยจดจำ และ 4 ใน 5 ขั้นตอนสำหรับการสร้าง และการจดจำข้อความที่ครอบคลุม เราเรียกว่า การกระตุ้นการตรวจสอบ

ขั้นที่ 6 การตอบสนองและการปฏิบัติตามระดับชั้น ความเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและชำนาญในการใช้กลวิธีการจำตัวอักษรแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemoni Strategy) เพื่อศึกษาสำหรับการทดสอบในชั้นเรียนที่สำคัญ

ขั้นที่ 7 พูดคุยสิ่งที่ประสบความสำเร็จถึงจุดประสงค์และทดสอบหลังเรียน การวัดทักษะของนักเรียนโดยพิจารณาการสร้างข้อความ เพื่อการจดจำและการนึกถึงข้อมูลในข้อความนั้น การประสบความสำเร็จในจุดประสงค์ของนักเรียนที่ใช้กลวิธีการจำตัวอักษรแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemoni Strategy) เพื่อศึกษาสำหรับแบบทดสอบในวิชาที่ปฏิบัติได้

ขั้นที่ 8 การลงความเห็น

Maccini (1998) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนหลักของกลวิธี STAR จะประกอบด้วยขั้นตอนย่อยเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์เพื่อหาคำตอบได้ ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนเป็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 S (Search the word problem) ศึกษาโจทย์ปัญหา ซึ่งได้แก่

1.1 อ่านโจทย์อย่างละเอียด

1.2 ถามตัวเองว่า ทราบข้อมูลอะไรจากโจทย์บ้าง และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

1.3 เขียนข้อมูลดังกล่าวลงไป

ขั้นที่ 2 T (Translate the problem) แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่รูปภาพตารางหรือสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจเลือกใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ช่วยในการแปลงข้อมูล ดังนี้

2.1 สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete application : C) ใช้วัตถุจริงหรือสื่อเสมือนจริง

2.2 สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete application : S) วาดรูปภาพแผนภาพหรือเขียนตารางแสดงความหมาย

2.3 สัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract application : A) หานัยทั่วไป นำเสนอให้อยู่ในรูปนิพจน์ของพีชคณิต หรือเขียนสมการเชิงพีชคณิต

ขั้นที่ 3 A (Answer the problem) หาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 R (Review the solution) ทบทวนคำตอบ

4.1 ทบทวนโจทย์ปัญหาอีกครั้ง

4.2 ถามตัวเองว่า คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่

4.3 ตรวจสอบคำตอบอีกครั้ง

Maccini and Ruhl (2000) ได้ทำการทดลองโดยใช้กลวิธี STAR ในการแก้ปัญหา ซึ่งพบว่า การจำขั้นตอนแก้ปัญหาโดยการใช้ตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น ช่วยให้นักเรียนระลึกลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา จากคำศัพท์ที่รู้จัก คุ้นเคย และทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนเต็มได้ ซึ่งขั้นตอนหลักของกลวิธี STAR ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 S (Search the word problem) ศึกษาโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 T (Translate the problem) แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 A (Answer the problem) หาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 R (Review the solution) ทบทวนคำตอบ

Maccini and Gagnon (2011) กล่าวว่า กลวิธี STAR ประกอบด้วยลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยให้นักเรียนจำกลวิธีที่ใช้ซึ่งสร้างรูปแบบถ้อยคำจากตัวอักษรตัวแรกของลำดับขั้น

2. ขั้นตอนของกลวิธีใช้ถ้อยคำที่คุ้นเคยง่าย สั้นกะทัดรัด ช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้

3. ขั้นตอนของกลวิธีเรียงลำดับอย่างเหมาะสม เช่น นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาอย่างละเอียดถี่ถ้วนก่อนลงมือแก้ปัญหา และนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ได้ เช่น แก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างประสบความสำเร็จ

4. ขั้นตอนของกลวิธีกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความสามารถด้านความรู้ เช่น ใช้การวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

5. ขั้นตอนของกลวิธีใช้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถควบคุมตนเองใช้ความสามารถแก้ปัญหาได้ เช่น ตรวจสอบคำตอบแล้วหรือไม่

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จากนั้นเขียนระบุแยกแยะออกว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้เป็นรูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการเขียนสูตร การแทนค่าของตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแก้ปัญหาโดยการใช้กลวิธี STAR

Bruner (1966) ได้ให้ความสนใจในเรื่องพัฒนาการของความสามารถรับรู้และเข้าใจของเด็ก โดย Bruner ต้องการพัฒนาการจัดโครงสร้างของเนื้อหาที่จะเรียนรู้ให้สอดคล้องกัน ดังนั้น Bruner จึงได้เสนอทฤษฎีการสอน (Theory of Instruction) ขึ้นมา ซึ่งในการทำความเข้าใจทฤษฎีการสอนของ Bruner นั้นจำเป็นจะต้องเข้าใจปัจจัย 3 ประการที่สัมพันธ์กัน คือ

1. วิธีการสอน (Modes of learning) Bruner เชื่อว่าการเรียนรู้สามารถเกิดได้ 3 วิธี ดังนี้

1.1 ขั้นการกระทำ (Enactive stage) เด็กจะเรียนรู้และเข้าใจสิ่งแวดล้อมโดยผ่านการกระทำหรือการลงมือปฏิบัติ เช่น การสัมผัส การเคลื่อนไหว เป็นต้น การเรียนรู้ในขั้นนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถด้านการเคลื่อนไหว การเต้นรำ และการใช้ร่างกาย หรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการแสดงออกซึ่งความรู้ของตน

1.2 ขั้นจินตนาการ (Iconic stage) เด็กจะเรียนรู้ผ่านการมองรูปภาพ หรือตัวแบบ และเด็กจะเริ่มพัฒนาวิธีการจำโดยการใช้จินตนาการมากขึ้น ความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัวของเด็กจะขึ้นอยู่กับการรับรู้โดยการใช้ประสาทสัมผัสมากกว่าการใช้ภาษา เช่น เสียงดัง ความสว่าง เป็นต้น ซึ่งการเรียนรู้ในขั้นนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเรียน หรือการแสดงออกผ่านงานศิลปะซึ่งต้องใช้สายตาและมิติสัมพันธ์

1.3 ขั้นสัญลักษณ์ (Symbolic stage) เด็กจะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ โดยผ่านระบบสัญลักษณ์ เช่น ภาษาพูด ภาษาเขียน และการจัดลำดับ รวมถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรม ซึ่งจะช่วยให้เด็กเข้าใจข้อมูลต่าง ๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้น การเรียนรู้ในระบบโรงเรียนโดยส่วนใหญ่และการประเมินผลจะให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ในขั้นนี้มากกว่าขั้นอื่น ๆ ข้างต้น อย่างไรก็ตาม Bruner มีความเชื่อว่าเด็กสามารถเรียนรู้วิชาใดก็ได้ไม่ว่าจะอยู่ในระดับชั้นใด ทั้งนี้โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขว่า ครูต้องสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงขั้นพัฒนาการเรียนรู้ทั้งสามขั้น ไม่เน้นเฉพาะขั้นใดขั้นหนึ่งเพียงขั้นเดียว เช่น ในการสอน เรื่อง ความสามัคคี ครูอาจให้เด็กวาดรูป หรือทำกิจกรรมศิลปะ

ในรูปแบบอื่น ๆ เพื่ออธิบายความหมายของคำ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กที่ไม่มีความถนัดทางด้านการใช้ภาษาได้แสดงออกซึ่งความคิดเห็นและความรู้ของตน

2. การจำแนกประเภท (Classifications) การจัดจำแนกประเภท คือ กระบวนการของการจัดระบบและบูรณาการข้อมูลหนึ่งเข้ากับข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้เรียนรู้ไปก่อนแล้ว ซึ่งความสามารถในการจัดจำแนกประเภทมีความสำคัญต่อการรับข้อมูลจำนวนมากที่ผ่านเข้ามาให้เราต้องเรียนรู้ การที่เราสามารถจัดจำแนกประเภทได้จะช่วยให้เรารับรู้สิ่งใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

3. หลักการสอน (Principles of instruction) Bruner ได้เสนอหลักการเกี่ยวกับการสอนไว้ ดังนี้

3.1 หลักการของการจูงใจ (Motivation) การเรียนรู้จะขึ้นอยู่กับความพร้อมและแนวโน้มที่ผู้เรียนมีท่าทีต่อการเรียนรู้ ซึ่ง Bruner ให้ความเห็นว่าธรรมชาติของเด็กมีความอยากรู้อยากเห็นอยู่แล้ว และผู้สอนควรใช้ธรรมชาตินี้ให้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

3.2 หลักของโครงสร้าง (Structure) หลักการนี้เน้นว่าการเรียนรู้สามารถเพิ่มพูนได้ โดยการเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมกับระดับสติปัญญา และระดับความเข้าใจของเด็ก โดยหลักการนี้ชี้ให้เห็นว่าครูควรต้องย้ำให้เห็นความสัมพันธ์ที่มีความหมายระหว่างสิ่งที่เด็กจะต้องเรียนกับสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้ว

3.3 หลักของการเรียงลำดับ (Sequence) ลำดับของเนื้อหามีอิทธิพลอย่างมากต่อการเรียนรู้ว่าจะเกิดได้ง่าย หรือยากแค่ไหน และในการเรียงลำดับนี้จะจัดลำดับระหว่างหน่วยย่อยและหน่วยใหญ่ของสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ภายในเนื้อหาหนึ่ง ๆ ของวิชาเดียวกัน โดยเรียงลำดับจากง่ายไปยาก ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่ต้องการ

3.4 หลักของการเสริมแรง (Self-reinforcement) ซึ่งก่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้เรียนและมีอิทธิพลต่อการแสดงพฤติกรรมภายหลังของผู้เรียนได้ และในการเสริมแรงผู้เรียนทำได้หลายวิธี เช่น การประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน คำชม แนะนำ ครูควรให้การเสริมแรงทันทีในขั้นต้นของการเรียนรู้หลังจากนั้นค่อยลดลงไปเรื่อย ๆ เมื่อผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในการทำงานของตนแล้ว

ธนเดช เกียรติมงคล (2549) ได้กล่าวว่า การแบ่งขั้นตอนในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาจะแบ่งออกเป็นกี่ขั้นตอนก็ตามทุกขั้นตอนจะมีกรอบขั้นตอน 4 ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาทั้งสิ้น หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดโพลยา” ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าในปัญหา โดยอาศัยทักษะการแปลความหมาย การวิเคราะห์ว่าปัญหาถามอะไร กำหนดอะไรบ้าง จำแนกแยกแยะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากกัน

2. ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา ต้องการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ทั้งที่จำเป็นสิ่งที่กำหนดให้หาวิธีการแก้ปัญหาโดยนำกฎเกณฑ์ หลักการ เหตุผลมาประกอบกับข้อมูลแล้วเสนอมาในรูปแบบวิธีการ

3. ขั้นดำเนินการตามแผน คิดคำนวณคำตอบที่ถูกต้องตามแผนที่วางไว้ และต้องรู้จักวิธีคิดคำนวณที่เหมาะสม

4. การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ ถ้าไม่พบคำตอบตามเงื่อนไขของปัญหาต้องกลับไปวางแผนแก้ปัญหาใหม่

อังคณา อุทัยรัตน์ (2555 ; อ้างอิงจาก Polya, 1957) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นการมองไปที่ตัวปัญหาว่าต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การเขียนรูป เขียนแผนภูมิ การเขียนสาระปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด จะแก้ปัญหาอย่างไร ปัญหาที่ทำให้มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้มาก่อนหรือไม่ ซึ่งขั้นวางแผนเป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาจะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่ง ๆ ในปัญหาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีอยู่ แล้วกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ต้องลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมา เพื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาและมีวิธีการแก้ปัญหาอื่นอีก

Gagnon and Krezmien (2011) กล่าวว่า สำหรับการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธี STAR นั้น การใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ทั้งสามประเภทดังกล่าว พัฒนามาจากทฤษฎีการสอนของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เน้นการสอนให้โอกาสผู้เรียนเรียนรู้โครงสร้างของความรู้ อันนำมาซึ่งความเข้าใจและการถ่ายโยงการเรียนรู้

อัมพร ม้าคนอง (2554 ; อ้างอิงจาก Polya, 1995) ได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาหาอย่างถ่องแท้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องหรือผลเฉลยที่เป็นผลจากการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนของกระบวนการดังกล่าวนั้น มีด้วยกัน 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าในปัญหา (Understanding the problem)

ขั้นที่ 2 การวางแผนงาน (Devising a plan)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)

ขั้นที่ 4 การตรวจย้อนกลับ (Looking back)

โดยขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya ทั้ง 4 ขั้นตอน สอดคล้องกับการแก้ปัญหาโดยการใช้กลวิธี STAR ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem) สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ขั้นที่ 1 การทำความเข้าในปัญหา (Understanding the problem)

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (Translate the problem) สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ขั้นที่ 2 การวางแผน (Devising a plan)

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem) สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เพื่อให้ได้คำตอบ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution) สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ขั้นที่ 4 การตรวจย้อนกลับ (Looking back)

จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแก้ปัญหาโดยการใช้กลวิธี STAR ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กลวิธี STAR เป็นสื่อหรือสัญลักษณ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีของบรูเนอร์ที่เน้นสอนให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง จนเกิดความเข้าใจและถ่ายโอนการเรียนรู้เหล่านั้นออกมา และกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยกลวิธี STAR ยังมีความสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ทั้ง 4 ขั้นตอน คือ ขั้นศึกษาโจทย์ปัญหาสอดคล้องกับการทำความเข้าใจปัญหา ขั้นแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาสอดคล้องกับการวางแผน ขั้นหาคำตอบของโจทย์ปัญหาสอดคล้องกับการดำเนินการตามแผนเพื่อหาคำตอบ และขั้นทบทวนคำตอบสอดคล้องกับการตรวจกลับ

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ไปสอนการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้นิยามความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป แล้วจึงนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือแก้โจทย์ปัญหา เพื่อฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะได้พิสูจน์ตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบ ซึ่งจะตรงกับขั้นตอนแรกของกลวิธี STAR คือ การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) โดยนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาที่ครูนำเสนอ แล้วแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในโจทย์ได้

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปของเนื้อหาในบทเรียนให้เข้าใจ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดไว้ ซึ่งจะตรงกับขั้นตอนที่ 2 ของกลวิธี STAR คือ การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) โดยให้นักเรียนแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะรูปภาพ หรือแผนภาพ นักเรียนต้องสามารถเขียนสัญลักษณ์ หรือสมการแทนข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาได้ จากนั้นให้นักเรียนใช้ขั้นตอนที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) โดยการนำหลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับปัญหานั้นมาใช้แก้ปัญหาให้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบทฤษฎี หลักการ หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน หรืออินเทอร์เน็ต ซึ่งตรงกับขั้นที่ 4 ของกลวิธี STAR คือ ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) จากนั้นผู้สอนให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ต้องหาคำตอบด้วยตนเอง และไม่มีคำแนะนำจากผู้สอน เพื่อเป็นการฝึกทักษะการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

การแก้โจทย์ปัญหาแต่ละครั้งของนักเรียนจะต้องดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR ซึ่งแต่ละขั้นจะมีความสัมพันธ์กัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR กับ
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR	**ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา**
ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา	ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา - สามารถบอกได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ - สามารถบอกได้ว่าโจทย์ต้องการทราบอะไร
ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์	วางแผนแก้โจทย์ปัญหา - สามารถเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ - สามารถบอกได้ว่าจะหาคำตอบด้วยวิธีการอย่างไร
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา	ปฏิบัติตามแผน - สามารถกำหนดสมการที่ใช้ได้ - สามารถแทนค่าลงในตัวแปรต่าง ๆ ได้ - สามารถแสดงวิธีทำได้ - สามารถหาคำตอบได้
ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ	ตรวจสอบผลลัพธ์ - ระบุคำตอบ สมเหตุสมผล หรือไม่ - ตรวจสอบคำตอบ ถูกต้องหรือไม่

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

การจัดการเรียนรู้	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา									
	ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา		วางแผนแก้โจทย์ปัญหา		ปฏิบัติตามแผน				ตรวจสอบผลลัพธ์	
	สามารถบอกได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้	สามารถบอกได้ว่าโจทย์ต้องการทราบอะไร	สามารถเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางพีชคณิตได้	สามารถบอกได้ว่าจะหาคำตอบด้วยวิธีการอย่างไร	กำหนดสมการที่ใช้ได้	แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้	แสดงวิธีทำได้	หาคำตอบได้	ระบุคำตอบ สมเหตุสมผล หรือไม่	ตรวจสอบคำตอบถูกต้อง หรือไม่
1. กำหนดขอบเขตของปัญหา - ศึกษาโจทย์ปัญหา	√	√								
2. แสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ										
3. ใช้ทฤษฎี หลักการ - การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์			√	√						
- หาคำตอบของโจทย์ปัญหา					√	√	√	√		
4. ตรวจสอบและสรุป - ทบทวนคำตอบ									√	√
5. ฝึกปฏิบัติ										

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

1. ความหมายของปัญหา

Krulik and Rudnick (1996) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่า เป็นสถานการณ์ข้อคำถามที่เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถตัดสินใจในการแก้ปัญหานั้นได้ทันที ต้องใช้กระบวนการหรือวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่า เป็นอุปสรรคหรือสิ่งที่ขัดขวางในการทำงาน โดยที่คนเราไม่สามารถแก้ไขได้ทันทีจากสิ่งที่เคยเรียนรู้มา จึงต้องศึกษาสาเหตุของปัญหาให้ลึกซึ้ง เพื่อหาวิธีการหรือกระบวนการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น

ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานันท์ (2542) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่า เป็นช่องว่างหรือความแตกต่างระหว่างสภาพการณ์ปัจจุบันกับสถานการณ์ที่เราต้องการให้เกิดขึ้นทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณ หรือตัวเลข เพื่อใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์โจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่า เป็นสถานการณ์หรือสิ่งที่พบแล้ว ไม่สามารถใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที

จากความหมายของปัญหาสรุปได้ว่า ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และก่อให้เป็นอุปสรรค โดยผู้ประสบจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในทันทีทันใด ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ และค้นคว้าหาแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

2. ความหมายของโจทย์ปัญหา

Adams, Ellis and Beeson (1977) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง โจทย์ภาษาเชิงเรื่องราว หรือโจทย์เชิงสนทนาที่บรรยายสภาพการณ์ด้วยถ้อยคำหรือข้อความและตัวเลข โดยต้องการคำตอบในเชิงปริมาณหรือตัวเลข ผู้แก้ปัญหาต้องค้นหาว่าจะใช้วิธีการใดแก้ปัญหาในโจทย์

Lumsdaine (1995) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง โจทย์หรือสถานการณ์ที่มีข้อความและตัวเลขที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันที ต้องมีการแยกส่วนของโจทย์ เพื่อนำมาวิเคราะห์คำหรือข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหา นำมาคิดอย่างเป็นขั้นตอนและมีเหตุผล เพื่อวางแผนหาคำตอบ

หน่วยศึกษานิเทศก์ (2545) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง โจทย์ที่มีข้อความเป็นภาษาหนังสือหรือโจทย์ที่เป็นเรื่องราว หรือโจทย์ที่เป็นคำพูดที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันทีทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลข เพื่อใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจลงมือแก้ปัญหาเอง โดยจะต้องแปลความหมาย วิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ

นภดล แก้วเรือง (2550) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อความและตัวเลขพบได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้แก้จะต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผนและการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม

โสมภิลัย สุวรรณ์ (2554) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วยภาษาและตัวเลขที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้ที่คิดจะแก้ปัญหาจะต้องใช้ทักษะการตีความโจทย์มาเป็นสัญลักษณ์ก่อน และจะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาดำเนินการ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

จากความหมายของโจทย์ปัญหา สรุปได้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบด้วยตัวหนังสือและตัวเลข ที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันทีทันใด ซึ่งผู้แก้จะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ นำมาวางแผนและตัดสินใจลงมือแก้ปัญหา โดยเลือกใช้วิธีการคิดหาคำตอบที่เหมาะสม

3. ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Belikov (1989) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง เป็นโจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่มีปริมาณทางฟิสิกส์บางปริมาณที่ทราบค่า และมีบางปริมาณที่ไม่ทราบค่า

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปในแบบเรียนตามปกติ ที่ใช้สำหรับฝึกให้นำทฤษฎี หลักการ และสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้

จากความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สรุปได้ว่า เป็นโจทย์ที่ประกอบด้วยปัญหาหรือปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ โดยจะมีปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทราบค่า และไม่ทราบค่า ที่จะต้องใช้ทักษะในการฝึกฝน นำทฤษฎี หลักการ และสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้ให้ถูกต้อง

4. ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Charles and Lester (1982) ได้จำแนกโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1) ปัญหาที่ใช้ฝึก (Dill exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอน และวิธีการคำนวณ

2) ปัญหาอย่างง่าย (Simple translation problem) เป็นปัญหาที่เคยเห็นมาก่อน เช่น ปัญหาในแบบเรียน จึงต้องมีการฝึกให้คุ้นกับการเปลี่ยนประโยคข้อความเป็นประโยคสัญลักษณ์ มักเป็นปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจและพัฒนาการคิดคำนวณ

3) ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex translation) คล้ายกับปัญหาอย่างง่าย แต่เพิ่มปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน

4) ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process translation) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบเห็นมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นตอน

ย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เน้นการพัฒนากลวิธีต่าง ๆ มีการวางแผนแก้ปัญหาและประเมินผลคำตอบ

5) ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้และวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยหลักการใดเป็นสำคัญ เช่น การแทนข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ จัดระบบประมวลผล และแปลผล ปัญหาประยุกต์เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้แก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้แก้ปัญหาเห็นประโยชน์และคุณค่า

6) ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาและเป็นปัญหาที่มองได้หลายแง่มุม ปัญหาปริศนามักเป็นปัญหาลับสมอง ปัญหาท้าทาย ผู้ที่มีทักษะในการแก้ปัญหาจะแก้ปัญหาในลักษณะนี้ได้ดี

Baroody (1993) ได้แบ่งโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ปัญหาธรรมดา หรือปัญหาอย่างง่าย เป็นปัญหาที่ใช้การกระทำทางคณิตศาสตร์อย่างเดียวและสามารถแก้ได้อย่างตรงไปตรงมา

2) ปัญหาไม่ธรรมดาหรือปัญหาแปลกใหม่ ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1) ปัญหาที่ซับซ้อนหลายชั้น

2.2) ปัญหาที่แก้ไขสิ่งอื่นของปัญหา

2.3) ปัญหาที่เป็นวิธีปฏิบัติ หรือปัญหาที่แสดงขั้นตอนการแก้ไขปัญหา

2.4) ปัญหาปริศนา ปัญหาที่ให้ค้นหาคำตอบ

2.5) ปัญหาเฉพาะไม่ระบุจุดหมาย ปัญหาลักษณะนี้เป็นปัญหาซึ่งไม่ต้องการคำตอบหรือเงื่อนไขของคำตอบ ปัญหาเหล่านี้สนับสนุนให้ผู้แก้ปัญหารู้จักพิจารณาส่วนคำถาม ซึ่งผู้ตั้งคำถามไม่คาดคำตอบไว้ก่อน

2.6) ปัญหาประยุกต์ ปัญหาที่ขยายจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

2.7) ปัญหาที่แก้โดยยุทธวิธี ปัญหาที่กำหนดด้วยความมุ่งหมายของผู้แก้ ระบุกลวิธีที่ให้ผู้แก้ปัญหาเป็นขั้นตอน

จากประเภทของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีอยู่ 2 ประเภท คือ 1. ปัญหาธรรมดา เป็นปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปในหนังสือเรียนที่ใช้สำหรับการฝึกให้นำทฤษฎี หลักการ และสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้ ซึ่งมักจะเป็นปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจและการคิดคำนวณ และ 2. ปัญหาแปลกใหม่ที่ซับซ้อน เป็นปัญหาที่ต้องใช้ความคิดในการวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ทักษะความรู้ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีการคำนวณ 2 วิธี หรือมากกว่านั้น

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Dewey (1976) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการรับรู้และเข้าใจปัญหา สถานการณ์ปัญหา โจทย์ปัญหา สามารถระบุและแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

Polya (2004) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการสำรวจและค้นพบปัญหาของโจทย์ด้วยวิธีต่าง ๆ จนมองเห็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการหาและข้อมูลอะไรที่เป็นประโยชน์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของโจทย์ปัญหาและตรวจสอบการคำนวณผลการคำนวณถูกต้องหรือไม่

พิจิตร ยังดำ (2557) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมการวางแผน วิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มา เลือกใช้สูตร ดำเนินการเพื่อให้ได้คำตอบ

จากความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา สรุปได้ว่า ความหมายในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมายของโจทย์ปัญหา สามารถวิเคราะห์ และวางแผนคิดหาวิธีหรือหาแนวทางเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือโจทย์ปัญหานั้น ๆ เพื่อให้ได้คำตอบ พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบได้ ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ให้คำนิยามของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มา หรือต้องการให้หาได้ แล้วทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ของปริมาณทางฟิสิกส์ที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง จากนั้นดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้

6. องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา

ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ (2543) กล่าวว่า การแก้ปัญหาประกอบด้วย

1. การมองภาพ หมายความว่า ผู้ที่จะแก้ไขจะมองทะลุและกว้างไกลมองเห็นแนวทางที่จะคิดแก้ปัญหา

2. การจินตนาการในการคิดแก้ปัญหานั้นจะต้องรู้จักจินตนาการว่าควรจะเป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหา

3. การจัดทำอย่างมีทักษะ เมื่อมองเห็นแนวทางแล้วก็ลงมือทำอย่างมีระบบเป็นขั้นตอนด้วยความชำนาญ

4. การวิเคราะห์ จะต้องรู้จักวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่กระทำนั้น

5. การสรุป เมื่อลงมือกระทำจนมองเห็นรูปแบบแล้วก็สรุปได้ การโยงความคิด การสัมพันธ์ความคิดเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ปัญหา เมื่อโจทย์พูดถึงเรื่องอะไรก็จะสามารถที่จะสัมพันธ์ถึงเรื่องต่อไป และมองเห็นแนวทางได้

สุวร กาญจนมยูร (2533) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบในการแก้โจทย์ปัญหา มีดังนี้

1. ภาษา ได้แก่

1.1 ทักษะการอ่าน หมายถึง การอ่านต้องคล่อง ชัดเจน รู้จักแบ่งวรรคตอนได้ถูกต้อง ไม่ว่าจะอ่านในใจ หรืออ่านออกเสียง

1.2 ทักษะการจับใจความ หมายถึง เมื่ออ่านข้อความของโจทย์ปัญหาแล้วสามารถแบ่งข้อความของโจทย์ได้ว่าตอนใดเป็นข้อความของโจทย์ที่กำหนดให้ และข้อความตอนใดเป็นสิ่งที่โจทย์ถามหรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

1.3 รู้จักใช้ความหมายของคำถูกต้องตามเจตนารมณ์ของโจทย์ปัญหา ครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของคำต่าง ๆ ให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน และทบทวนความหมายของคำที่เรียนเสมอ

2. ความเข้าใจ ได้แก่

2.1 ทักษะการจับใจความ กล่าวคือ อ่านโจทย์หลาย ๆ ครั้ง แล้วสามารถจับใจความได้ว่าเป็นเรื่องอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง โจทย์ต้องการทราบอะไร

2.2 ทักษะการตีความ กล่าวคือ อ่านโจทย์ปัญหาสามารถตีความหรือแปลความได้

2.3 ทักษะการแปลความ กล่าวคือ จากประโยคที่แปลความมาจากโจทย์ปัญหานั้น สามารถสร้างโจทย์ปัญหาในลักษณะเดียวกันได้อีก

3. ทักษะการคิดคำนวณ ได้แก่

3.1 ทักษะการบวกจำนวน

3.2 ทักษะการลบจำนวน

3.3 ทักษะการคูณจำนวน

3.4 ทักษะการหารจำนวน

3.5 ทักษะการยกกำลัง

3.6 ทักษะการแก้สมการ

4. การย่อความและสรุปความได้ครบถ้วนชัดเจน กล่าวคือ ขั้นแสดงวิธีทำได้แก่

4.1 ทักษะในการย่อความเพื่อเขียนข้อความจากโจทย์ปัญหาในลักษณะย่อความได้รัดกุม ชัดเจน ครบถ้วนตามประเด็นสำคัญ

4.2 ทักษะในการสรุปความ หมายถึง สามารถสรุปความจากสิ่งที่กำหนดให้มาเป็นความรู้ใหม่ได้ถูกต้อง และสามารถเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างชัดเจนรัดกุม และสื่อความหมายแก่ผู้ตรวจสอบการแสดงวิธีทำนั้น

5. การฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่

5.1 ฝึกทักษะตามตัวอย่าง

5.2 ฝึกทักษะจากการแปล

5.3 ฝึกทักษะจากหนังสือเรียน

โสมภิสัย สุวรรณ (2554 ; อ้างอิงจาก อมศรี เคท และคณะ. 2541 และปรีชา เนาว์เย็นผล. 2537) กล่าวว่า องค์ประกอบในการแก้โจทย์ปัญหาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงด้านนี้ คือ ทักษะการฟัง และการอ่าน เนื่องจากโจทย์ปัญหามักอยู่ในรูปของข้อความตัวอักษร ดังนั้น เมื่อพบปัญหานักเรียนต้องอ่านและทำความเข้าใจ แยกประเด็นที่สำคัญ ๆ ได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรบ้าง และปัญหาต้องการให้หาอะไร มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็น ซึ่งต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ นิยาม มโนมติ และข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ แสดงถึงศักยภาพทางสมองของนักเรียนในการระลึกถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่ นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือการรู้จักใช้กลวิธีมาช่วยในการเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเส้นใต้ข้อความ การเขียนภาพ หรือแผนภูมิ เป็นต้น

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เป็นทักษะที่เกิดจากการฝึกฝน หรือทำอยู่บ่อย ๆ จนเกิดความชำนาญเมื่อนักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาอยู่เสมอ นักเรียนจะได้พบปัญหาต่าง ๆ หลายรูปแบบ ซึ่งอาจมีโครงสร้างของปัญหาที่คล้ายคลึงกัน หรือแตกต่างกัน นักเรียนได้มีประสบการณ์การเลือกใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ได้เหมาะสมกับปัญหา

3. การคิดคำนวณและการใช้เหตุผล จากที่นักเรียนทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ และในขั้นตอนนี้ปัญหาบางปัญหาจะต้องมีกระบวนการและเหตุผล ซึ่งการคำนวณนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการแก้ปัญหา เพราะถึงแม้ว่าจะทำความเข้าในปัญหาหาได้อย่างแจ่มชัดและวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม แต่เมื่อลงมือแก้ปัญหาแล้วคิดคำนวณไม่ถูกต้อง การแก้ปัญหานั้นก็ถือว่าไม่บรรลุผลตามเป้าหมาย สำหรับปัญหาที่ต้องอธิบายให้เหตุผล นักเรียนต้องอาศัยเท่าที่จำเป็นและเพียงพอในการนำไปใช้แก้ปัญหาแต่ละระดับขั้น

4. แรงขับเนื่องจากปัญหาที่เป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ ซึ่งผู้แก้ปัญหายังไม่คุ้นเคยและไม่มีวิธีการหาคำตอบได้ทันทีทันใด ผู้แก้ปัญหาจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่ เพื่อที่จะให้ได้คำตอบนักเรียนที่เป็นผู้แก้ปัญหาจะต้องมีแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงขับนี้เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น เจตคติ ความสนใจ ความสำเร็จ ตลอดจนถึงความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา เป็นต้น

5. ความยืดหยุ่น เป็นการปรับกระบวนการคิดแก้ปัญหา โดยบูรณาการปัจจัยต่าง ๆ เชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ของปัญหาใหม่ สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สามารถปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากองค์ประกอบของการแก้โจทย์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การที่นักเรียนจะแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญหลายอย่าง ทั้งการอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา คิดวิเคราะห์ข้อมูลให้เป็นระบบ รู้จักการวางแผน และเลือกวิธีคำนวณให้ถูกต้อง รวมทั้งมีแรงขับและความยืดหยุ่น

7. องค์ประกอบและขั้นตอนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Dewey (1976) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีองค์ประกอบและขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) หมายถึง การรับรู้และเข้าใจปัญหาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น ผู้ประสบปัญหาจะต้องรับรู้และเข้าใจตัวปัญหาก่อนว่าปัญหาที่แท้จริงนั้นคืออะไร

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analysis) เป็นการพิจารณาดูว่าสิ่งใดบ้างเป็นสาเหตุของปัญหา กล่าวคือ มีการระบุและแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกัน ระดับความยากง่ายที่จะแก้ไขต่างกัน

3. ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา (Production) หมายถึง การหาวิธีการให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา แล้วออกมาในรูปแบบของวิธีการรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหา เพื่อการตั้งสมมติฐาน

4. ขั้นตรวจสอบผล (Verification) หมายถึง การเสนอเกณฑ์เพื่อการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีแก้ปัญหา ถ้าผลที่ได้รับไม่ถูกต้องก็เสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่จนกว่าจะได้วิธีที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด

5. ขั้นการนำไปประยุกต์ใหม่ (Reapplication) หมายถึง การนำวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์คล้ายกับปัญหาที่เคยพบมาแล้ว

Larkin and Brackett (1976) ได้เสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและหาสิ่งที่เป็นปัญหาจริง ๆ ที่โจทย์ต้องการคำตอบ ซึ่งคำตอบอาจทำให้เราเกิดความสับสนได้ ดังนั้น เราต้องพยายามแปลความหมายโจทย์ออกมาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน เป็นขั้นที่เลือกหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบ เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์โจทย์

Hestenes (1987) ได้ระบุกลยุทธ์สำหรับแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์กลศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. อธิบายปัญหา ขั้นนี้จะมีองค์ประกอบของการบรรยายลักษณะในการทำโจทย์อยู่ 3 ส่วน คือการบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่แทนโจทย์ปัญหา บรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนอันตรกริยาที่กระทำต่อกัน

2. วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ เป็นขั้นที่ต้องนำกฎ สมการต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. การหาผลลัพธ์ ขั้นนี้จะเป็นการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการที่เลือกมาเพื่อนำไปคำนวณหาคำตอบของโจทย์ปัญหาต่อไป

4. การตรวจสอบ ขั้นนี้จะเป็นขั้นตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความเหมาะสมหรือความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

Heller and Holabaugh (1992) ได้ลำดับนิยามของขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้โจทย์ปัญหามาแล้ว นักเรียนจะต้องมาพิจารณาโจทย์แล้วทำการจินตนาการโจทย์และทำการวาดออกมาให้เห็นภาพเป็นรูปธรรมว่าใครหรือวัตถุกำลังทำอะไร เกิดอะไรขึ้น เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการที่จะค้นหาแนวทางในการคำนวณต่อไป

ขั้นที่ 2 ทำให้อยู่ในรูปของสมการฟิสิกส์และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในขั้นนี้จะเป็นการนำภาพที่ได้จากขั้นที่ 1 มาลงรายละเอียดกำกับในภาพ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง ทิศทางต่าง ๆ นักเรียนต้องทำการเขียนสิ่งเหล่านี้ลงในรูปภาพ เพื่อที่จะให้เห็นภาพรวมในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องกำหนดสมการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ระบุสิ่งที่ไม่ทราบค่าในสมการ ให้พิจารณาว่าแผนการแก้ปัญหาที่ตั้งไว้สามารถที่จะคำนวณหาคำตอบได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ทำการตัดทิ้งและลองเลือกสมการใหม่มาใช้

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน หลังจากเลือกสมการที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้แล้ว ในขั้นนี้ก็จะทำการแทนค่าลงในสมการนั้น แล้วคำนวณโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ออกมาเป็นคำตอบ

ขั้นที่ 5 การประเมินตรวจสอบคำตอบ ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำการตรวจสอบความผิดพลาด พร้อมทั้งประเมินว่าคำตอบที่ได้เป็นอย่างไร เป็นไปได้หรือไม่ คำตอบที่ได้ใช้เหตุผลอะไรอธิบาย หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรหรือไม่

Chekuri (1996) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the Problem) ในขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาว่าโจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์ถามหา

ขั้นที่ 2 สร้างและวางแผนแก้ปัญหา (Reconstructing and Planning) เป็นขั้นในการสร้างภาพแทนปัญหาโจทย์ และเขียนองค์ประกอบทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพองค์ประกอบของแรง และวางแผนในการแก้ปัญหาโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการของฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 จำแนกวิธีการที่หลากหลาย (Identifying Multiple Methods) เป็นขั้นตอนในการระบุกฎเกณฑ์ หลักการ สูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งในขั้นนี้สามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้ ดังนี้

3.1 คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the Best Method and Solving) เป็นขั้นตอนที่เลือกสมการที่เหมาะต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำการระบุสมการที่นำมาใช้และทำการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

3.2 ตรวจสอบคำตอบ (Checking the Result) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยอาจจะนำเทคนิคการตรวจสอบหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์มิติ

3.3 การอธิบายคำตอบ (Explaining) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่เป็นการให้ความหมายของคำตอบที่เกิดจากการคำนวณออกมาในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวโยงกับหลักการทางฟิสิกส์

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2555 ; อ้างอิงจาก Maoren, 1987) ได้สรุปความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของบุคคลต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบต่อไปนี้

1. สติปัญญา ผู้มีสติปัญญาดีจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี

2. แรงจูงใจ เป็นสิ่งที่จะทำให้เกิดแนวทางในการคิดแก้โจทย์ปัญหา

3. ความพร้อมในการแก้โจทย์ปัญหาใหม่ ๆ เป็นความพร้อมในการแก้โจทย์ปัญหานั้น เนื่องจากประสบการณ์ที่เคยมีมาก่อน

4. การเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์และวางแผน หมายถึง การทำความเข้าใจ วิเคราะห์และวางแผน ระบุคำสำคัญ แผนภาพแทนโจทย์ หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา

2. ปฏิบัติการแก้ปัญหา หมายถึง การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ โดยใช้ข้อมูลจากขั้นวิเคราะห์และวางแผนประกอบ

3. ตรวจสอบคำตอบ หมายถึง การตรวจสอบดูว่า คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลมีความถูกต้อง ขัดแย้งกับกฎทางฟิสิกส์หรือไม่

พิจิตร ยังดำ (2557) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาก่อนทำการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

1.1 พิจารณาโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้หรือสิ่งที่กำหนดให้ในโจทย์ ทำการแปลงคำพูดจากโจทย์เป็นสัญลักษณ์ สูตร บรรจุลงในตารางวิเคราะห์

1.2 พิจารณาโจทย์ว่าต้องการให้หาสิ่งใด แปลงเป็นสัญลักษณ์ สูตร บรรจุลงในตารางวิเคราะห์

1.3 วางแผนแก้ปัญหาเริ่มต้นด้วยการหาสูตรที่ใช้หาคำตอบบรรจุลงในตารางวิเคราะห์ เชื่อมโยงเส้นลูกศรจากสัญลักษณ์แต่ละตัวในสูตรไปยังสิ่งที่กำหนดให้ถ้ายังมีตัวสัญลักษณ์ในสูตรที่ไม่มีในสิ่งที่กำหนดให้ให้เขียนสูตรในการหาตัวนั้น ๆ ต่อไป จนกว่าจะเชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่โจทย์กำหนดจนครบ

2. ลงมือแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

2.1 เขียนสูตรหรือสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามผังมโนทัศน์ (Concept Map) โดยเริ่มจากสูตรสุดท้าย ย้อนไปทีละสูตร ตามลำดับ

2.2 แทนค่าตัวแปรที่ทราบค่าพร้อมหน่วยลงในสูตรจนกระทั่งได้คำตอบ

2.3 คำนวณหาค่าตัวแปรที่ต้องการตามลำดับตามข้อ 2.1 จนได้คำตอบ

3. การตรวจสอบผลที่ได้โดยพิจารณาคำตอบจากขั้นตอนที่ 2 ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากขนาดและหน่วยของปริมาณที่ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบและขั้นตอนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จะต้องประกอบไปด้วย การทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลในโจทย์ การเลือกใช้สูตรได้ถูกต้อง และดำเนินการคำนวณหาคำตอบตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ รวมทั้งมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ และในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR ดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จากนั้นเขียนระบุแยกแยะออกว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้เป็นรูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการเขียนสูตร การแทนค่าของตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

8. การวัดและการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

8.1 เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Mcgriff et al. (2000) ได้กำหนดเกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นไว้ ดังนี้

1. การระบุเหตุของปัญหา มีเกณฑ์ดังนี้

1.1 จดจำลักษณะของปัญหาได้

1.2 ตัดสินใจได้ว่าข้อมูลใดเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหานั้น หรือไม่

1.3 สรุปองค์ประกอบและเข้าใจถึงปัญหาได้

1.4 จำแนกความแตกต่างของปัญหาในภาพรวมได้

1.5 จำแนกโครงสร้างและสภาพแวดล้อมทางกายภาพของปัญหาได้

1.6 อธิบายลักษณะเฉพาะของปัญหาได้

1.7 กำหนดตัวแปรแทรกซ้อนของปัญหาได้

1.8 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้เมื่อมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ

1.9 ระบุข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาได้

2. การระบุแนวทางแก้ปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้

2.1 ระบุวิธีแก้ปัญหาหลาย ๆ แบบที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนด

2.2 ออกแบบแก้ปัญหาจากการจัดการส่วนประกอบ แยกแยะตัวแปรที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

2.3 ตัดสินใจได้หากมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

2.4 ประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นต่อไปได้

3. การตั้งสมมติฐาน มีเกณฑ์ดังนี้

3.1 กำหนดและประเมินข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้

3.2 ระบุปัจจัยที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาได้

3.3 ตั้งคำถามเกี่ยวกับนิยามจากข้อมูลของตนเองได้

3.4 ประยุกต์สิ่งที่ตนเองประเมินได้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

3.5 ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการประเมินข้อจำกัดของสถานการณ์ได้

4. การเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้

4.1 มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแนวทางที่เลือก

4.2 มีการประเมินสถานการณ์ที่เชื่อถือได้

4.3 มีข้อมูลที่จัดเก็บมาที่ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกัน

4.4 มีการประเมินความเป็นไปได้ของสถานการณ์ทั้งทางบวกและทางลบ

5. การทดสอบสมมติฐานและการสรุปการแก้ปัญหา มีเกณฑ์ดังนี้

5.1 มีการระบุเหตุผลของแนวทางที่เลือกมาแต่ละวิธี

5.2 ตัดแนวทางที่มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด

5.3 วิเคราะห์เหตุผลรองรับการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เลือกไว้

5.4 ระบุรายละเอียดของแนวทางนั้น

5.5 ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด

6. การนำแนวทางไปใช้ มีเกณฑ์ดังนี้

6.1 มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางที่สำรองไว้ เมื่อปัญหานั้นไม่ได้รับการแก้ไข

6.2 ตัดสินใจและทบทวนการนำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้ในบริบทอื่น ๆ

6.3 รวบรวมปัจจัยที่สนับสนุนการแก้ปัญหา

6.4 ตัดสินใจได้เมื่อนำแนวทางการแก้ปัญหาไปใช้กับการแก้ปัญหารูปแบบอื่น ๆ

บุญชม ศรีสะอาด (2535) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถใช้เครื่องมือได้หลายประเภท สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมตามลักษณะข้อมูลและการเก็บรวบรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แบบทดสอบหรือชุดคำถาม เป็นการตอบคำถามได้หลายลักษณะ อาจอยู่ในรูปของการเขียนตอบ การพูด หรือการปฏิบัติ ที่สามารถสังเกตได้ว่าเป็นปริมาณได้ ซึ่งแบบทดสอบสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามรูปแบบของคำถาม ดังนี้

1.1 แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามและมีตัวเลือกให้เลือกคำตอบ สามารถแบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามแต่ไม่มีตัวเลือก ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบเอง แบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบแบบตอบสั้น และแบบทดสอบอัตนัยความเรียง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539 ; อ้างถึงใน ลักษณา ศิริมาลา. 2553) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ว่าสามารถใช้เครื่องมือและวิธีการวัดที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภทดังนี้

1. การสังเกต การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี ดังนี้

1.1 การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลาที่ผู้เรียนตอบคำถาม โดยพิจารณาว่าผู้เรียนมีการใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ครูผู้สอนต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนต่อไป

1.2 การสังเกตแบบตั้งใจ ต้องทำแบบรายการพฤติกรรมและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัด

2. การประเมินตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนได้ประเมินว่าตนเองมีพฤติกรรมในการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อพบปัญหาใช้วิธีใดแก้ และในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหาตนเองติดขัดที่ขั้นตอนใด การประเมินตนเองนี้จะสะท้อนให้เห็นการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3. แบบสำรวจรายการเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของผู้เรียน เป็นแบบสำรวจที่สามารถใช้ในการประเมินการแสดงออกถึงพฤติกรรมของผู้เรียนในกระบวนการแก้ปัญหา หรือการแสดงออกของขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างดี

4. แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่าอย่างไรในการแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ โดยผู้เรียนอธิบายในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา และครูผู้สอนมีการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงตอนสุดท้ายว่าให้คะแนนขั้นตอนละกี่คะแนน

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์ (2547) ได้เสนอว่า การวัดและประเมินแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินให้ชัดเจนที่สุด
2. เลือกเครื่องมือวัดให้สอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลที่จะวัด
3. ใช้เทคนิคการวัดหลากหลายวิธี
4. ศึกษาจุดเด่น จุดด้อยของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด เพื่อให้ใช้ได้ถูกวิธี

จากแนวคิดการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง การวัดคะแนนความสามารถของผู้เรียนตามลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูล โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบทดสอบอัตนัย เพราะว่าแบบทดสอบแบบอัตนัยสามารถประเมินผู้เรียนได้หลากหลายทักษะ และหลากหลายมุมมอง เนื่องจากการเขียนของผู้เรียนนอกจากจะสะท้อนความสามารถในการนำความรู้ไปใช้แล้วยังสะท้อนความรู้ วิธีคิด และมโนทัศน์ของนักเรียน โดยจะมีการกำหนดรูปแบบโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และให้นักเรียนได้แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของกลวิธี STAR ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จากนั้นเขียนระบุแยกแยะออกว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไร

ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem : T) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้เป็นรูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการเขียนสูตร การแทนค่าของตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

8.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้เสนอเกณฑ์แนวทางการประเมินการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

2 หมายถึง สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับความเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง

0 หมายถึง เมื่อมีหลักฐานแสดงว่าเข้าใจน้อยมาก หรือไม่เข้าใจเลย

2. การเลือกกลยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 หมายถึง สำหรับการเลือกกลยุทธวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และเขียนประโยคคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูก แต่ยังมีบางส่วนผิด โดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

0 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 หมายถึง สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหาบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง

0 หมายถึง สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

2 หมายถึง สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้องสมบูรณ์

1 หมายถึง สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด

0 หมายถึง เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

ธนชาติ ถนอมกุลบุตร (2552) ได้เสนอแนวทางเกณฑ์การประเมินแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้ขั้นตอนกลวิธี STAR ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา โดยนักเรียนสามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 3 ลักษณะ คือ

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนไม่สามารถเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการได้

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการได้บางส่วน แต่ไม่สมบูรณ์

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ส่วนที่ 2 การแปลงข้อมูลที่ได้ไปสู่สมการ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 2 ลักษณะ คือ

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนไม่สามารถแปลงประโยคข้อความเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถแปลงประโยคข้อความเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง

ส่วนที่ 3 การหาคำตอบของสมการ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 4 ลักษณะ คือ

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนไม่ดำเนินการแก้สมการเลย

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถแก้สมการได้เพียงบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถแก้สมการได้ทั้งหมด แต่เกิดความผิดพลาดจากการคิดคำนวณผิดในบางส่วน

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถแก้สมการได้ทั้งหมดและถูกต้องสมบูรณ์

ส่วนที่ 4 การทบทวนคำตอบ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 3 ลักษณะ คือ

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนไม่ดำเนินการทบทวนตรวจสอบคำตอบ

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนที่บทวนตรวจสอบคำตอบ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนที่บทวนตรวจสอบคำตอบได้อย่างครบถ้วน

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนน เป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติงานของผู้เรียน ซึ่งสามารถแยกแยะความสำเร็จในการเรียน หรือคุณภาพการปฏิบัติงานของผู้เรียน โดยต้องมีการกำหนดมาตรวัดและรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละระดับ/กลุ่มในมาตรวัดไว้อย่างชัดเจน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนอาจจะใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (Rubric) โดยรูบริค (Rubric) คือ ข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากระดับที่ยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา โดยทั่วไปการให้คะแนนแบบรูบริคมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) คือ การให้คะแนนผ่านชิ้นงาน โดยดูภาพรวมหรือองค์รวมของชิ้นงานนั้น ตัวอย่างการให้คะแนนแบบภาพรวมทักษะการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะ/ กระบวนการ	**คะแนน (ความหมาย)**	**ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น**
การแก้ปัญหา	4 (ดีมาก)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมด และอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
	3 (ดี)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมด แต่อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้บางส่วน ยังไม่ชัดเจน
	2 (พอใช้)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วน และพยายามอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าว แต่ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การแก้ปัญหา	1 (ปรับปรุง)	- มีร่องรอยการดำเนินการการแก้ปัญหาได้บางส่วน แต่ไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าว
	0 (ไม่พยายาม)	- ไม่มีร่องรอยการแก้ปัญหา หรือมีร่องรอยการแก้ปัญหาแต่ไม่ถูกต้อง

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เป็นการวิเคราะห์งานออกเป็นองค์ประกอบย่อย และกำหนดคะแนนสำหรับแต่ละองค์ประกอบร่วม ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งเป็นการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการสรุปและตรวจคำตอบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการสรุปและตรวจคำตอบ

องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การทำความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด - เข้าใจปัญหาถูกต้องบางส่วน - ไม่เข้าใจปัญหา
การวางแผนการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- วางแผนการแก้ปัญหาได้เหมาะสม ชัดเจน - วางแผนการแก้ปัญหาได้บางส่วน - วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม
การดำเนินการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด - ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน - ดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
การสรุปและตรวจคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- มีการสรุปและตรวจคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์ - มีการสรุปคำตอบ แต่ไม่มีการตรวจคำตอบ - ไม่มีการสรุป และไม่มีการตรวจคำตอบ

จากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาที่กล่าวมา สรุปได้ว่า มีเกณฑ์การให้คะแนน 2 แบบ คือ 1) การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) และ 2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score rubric) โดยนำรูปแบบการให้คะแนนของธนชาติ ถนอมกุลบุตร มาปรับและประยุกต์ใช้ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR ซึ่งมีรายละเอียด ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR	**เกณฑ์การประเมิน**		
	2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้อง และครบถ้วนทั้งหมด	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (T)	สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หรือรูปภาพได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หรือรูปภาพได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR		**เกณฑ์การประเมิน**		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)	3.1 ด้านการกำหนดสมการที่ใช้	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
	3.2 ด้านการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้
	3.3 ด้านกระบวนการในการคำนวณ	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และละเอียด	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ละเอียด	ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้
	3.4 ด้านคำตอบ	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้
ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)		สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล	สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังขาดความสมเหตุสมผล	ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้

9. พฤติกรรมการเรียน

9.1 ความหมายของพฤติกรรมการเรียน

Brown and Holtzman (1965) ได้กล่าวเกี่ยวกับพฤติกรรมในการเรียน หมายถึง พฤติกรรมการเรียนที่แสดงออกอย่างสม่ำเสมอเกี่ยวกับการใช้เวลาเรียน ได้แก่ การรู้จักใช้เวลาได้อย่างเหมาะสมในการเรียนและการทำงาน และวิธีการเรียน ได้แก่ การรู้จักใช้วิธีการเรียนอย่างถูกต้อง มีการวางแผนก่อนลงมือทำ รู้จักแหล่งข้อมูลที่ต้องการทราบ ทำงานด้วยความมีระเบียบ

Cranston and McCort (1985) ได้กล่าวเกี่ยวกับพฤติกรรมในการเรียน หมายถึง เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอน ผู้สอน และสัมพันธภาพกับเพื่อน และวิธีการเรียนของผู้เรียนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าขณะนั้น

อนุโณทัย คำเครื่อง (2545) ได้กล่าวเกี่ยวกับพฤติกรรมในการเรียน หมายถึง พฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกในขณะเรียนหนังสือ หรือเข้าร่วมกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายจากครูผู้สอน

ธราเนาว์ สัตยพานิช (2548) ได้กล่าวเกี่ยวกับพฤติกรรมในการเรียน หมายถึง กระบวนการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมใหม่ ๆ อย่างถาวรในตัวของผู้เรียน อันเนื่องมาจากได้รับประสบการณ์ทางสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม

ทิพย์วรรณ สุขใจรุ่งวัฒนา (2553) ได้กล่าวเกี่ยวกับพฤติกรรมในการเรียน หมายถึง การปฏิบัติตน หรือการกระทำที่แสดงออกทางการเรียนของนักเรียนที่ปฏิบัติเป็นประจำทั้งในและนอกห้องเรียน ก่อนและหลังเรียนเพื่อให้เข้าใจบทเรียน และเพื่อส่งเสริมพัฒนาการเรียนของตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมในการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกทางการเรียนอย่างสม่ำเสมอ จนทำให้ผู้อื่นสังเกตเห็นถึงเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียน

9.2 การสังเกตพฤติกรรมการเรียน

Wilczenski (2001) ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน โดยสังเกตกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนและการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ได้ดังนี้

1. พฤติกรรมที่เอื้อต่อกระบวนการกลุ่ม นักเรียนมีส่วนร่วมในสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อชี้แจงปัญหา หรือแลกเปลี่ยนกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

2. พฤติกรรมที่เบี่ยงเบนไปจากกระบวนการกลุ่ม นักเรียนบางส่วนไม่ให้ความสนใจ มีการขัดจังหวะขณะสื่อสาร

Gulacar, Bowman and Feakes (2013) ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในการแก้ปัญหา โดยสังเกตจากตัวแปรที่สังเกตได้ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนมีเวลาการอ่านทำความเข้าใจกับปัญหา

2. นักเรียนทำการวิเคราะห์หลังจากขั้นทำความเข้าใจในปัญหา

3. นักเรียนเขียนระบุ แยกแยะ วิธีการแก้ปัญหาจากคำถามในตอนต้น และมีการดำเนินการแก้ปัญหา

4. นักเรียนมีการตรวจสอบคำตอบว่ามีความสมเหตุผลหรือไม่

สมทรง สุวพานิช (2549) ได้เสนอวิธีการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาที่จะช่วยให้ครูศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างชัดเจน ซึ่งครูควรพิจารณาพฤติกรรมนักเรียนในประเด็นต่อไปนี้

1. นักเรียนได้อ่านปัญหาอย่างระมัดระวังหรือไม่

2. นักเรียนแต่ละคนเริ่มแก้ปัญหาอย่างไร

3. นักเรียนได้นำยุทธวิธี หรือพยายามที่จะใช้เทคนิคกระบวนการที่ครูสอนไว้มาใช้หรือไม่

4. ได้พยายามใช้วิธีอื่น หรือไม่ เมื่อวิธีแรกล้มเหลว

5. นักเรียนมีจิตใจแน่วแน่มั่นคงในการประยุกต์ใช้วิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

6. มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการขาดความระมัดระวังเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามี เกิดขึ้นเมื่อไร และทำไม

7. นักเรียนมีความอดทน ตั้งใจ ในการพยายามแก้ปัญหานานเท่าใด

8. นักเรียนขอความช่วยเหลือเร็วขนาดไหน

9. นักเรียนใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาแบบไหนบ่อยที่สุด

10. ใช้สื่อของจริงช่วย หรือไม่

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหา นักเรียนควรมีพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้ 1) นักเรียนใช้เวลาในการอ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหานานเท่าใด 2) นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มาได้หรือไม่ 3) นักเรียนใช้วิธีแก้ปัญหาแบบใด 4)นักเรียนใช้เวลาในการแก้ปัญหานานเท่าใด และ 5) นักเรียนขอความช่วยเร็วขนาดไหน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ทวี สระน้ำคำ (2551) ได้ทำการศึกษาผลของวิธีสอนแบบนิรนัยและวิธีสอนแบบอุปนัยที่มีแบบฝึกหลังเรียนต่างกัน โดยใช้บทเรียนบนเว็บในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อการคิดวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนบทเรียนบนเว็บวิชาฟิสิกส์ที่ใช้วิธีสอนแบบนิรนัยและอุปนัย 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนบทเรียนบนเว็บวิชาฟิสิกส์ที่ใช้แบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีสร้างโจทย์และวิธีแก้โจทย์ 3) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้วิธีสอนแบบนิรนัยและอุปนัยและแบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีสร้างโจทย์และวิธีแก้โจทย์ในบทเรียนบนเว็บ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 160 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายเข้ากลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน ตามวิธีสอนและแบบฝึกหลังเรียนที่ใช้ในบทเรียน ได้แก่ (A1) กลุ่มที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ใช้วิธีสอนแบบนิรนัยที่ใช้แบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีสร้างโจทย์ (A2) กลุ่มที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ใช้วิธีสอนแบบนิรนัยที่ใช้แบบฝึกหลังเรียนด้วยวิธีแก้โจทย์ (B1) กลุ่มที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ใช้วิธีสอนแบบนิรนัยที่ใช้แบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีสร้างโจทย์ (B2) กลุ่มที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ใช้วิธีสอนแบบอุปนัยที่ใช้แบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีแก้โจทย์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ใช้วิธีสอนแบบนิรนัยและอุปนัย มีการคิดวิจารณญาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) กลุ่มตัวอย่างที่เรียนบทเรียนบนเว็บที่ที่มีแบบฝึกหลังเรียนโดยวิธีสร้างโจทย์และวิธีแก้โจทย์ มีการคิดวิจารณญาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนและแบบฝึกหลังเรียนที่ใช้บทเรียนบทเว็บต่อการคิดวิจารณญาณของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนบนเว็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนชาติ ถนอมกุลบุตร (2552) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน โดยใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแปรผัน โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางบัวทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 38 คน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาอยู่ในเกณฑ์ดี นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสม และผู้วิจัยยังได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าควรได้มีการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ที่สอดคล้องกับแนวทางแก้ไขปัญหาโดยกลวิธี STAR

อุดมสิน อนุมาตย์ (2553) ได้ทำการศึกษาผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบนิรนัย การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การบวก และการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 โดยใช้การสอนแบบนิรนัย ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับหลังเรียนผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การสอนแบบนิรนัย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านสว่าง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีษะเกษ เขต 1 จำนวน 15 คน จาก 1 ห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบนิรนัย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การบวกการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์ไม่เกิน 100 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.04/79.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2) ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบนิรนัย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การบวก การลบจำนวนที่มีผลลัพธ์ไม่เกิน 100 มีค่าเท่ากับ 0.6630 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียน เรื่อง การบวก และการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์ไม่เกิน 100 โดยใช้การสอนแบบนิรนัย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกัน และ 4) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบนิรนัย เรื่อง การบวก และการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์ไม่เกิน 100 มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก

อัมพร ชัยฤทธิ์ (2558) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัย ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ 4) เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัย พบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วนและทศนิยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัย มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.15/82.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง

เศษส่วนและทศนิยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7005 และ 0.5928 และ 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

มาศสิริ เหมือนแพร (2562) ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Mara V. Martinez และ Bettina Pedemonte (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการอภิปรายอย่างมีเหตุผลนำไปสู่กระบวนการตั้งสมมุติฐาน ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์ที่มีหลักฐานในการหารู้ของความสัมพันธ์ของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบอุปนัย และการพิสูจน์ทฤษฎีทางพีชคณิตแบบนิรนัย ได้นำเสนอไว้ว่า การวิเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการให้เหตุผลที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ และข้อพิสูจน์ในการแก้ปัญหาตามวิธีการดำเนินการพีชคณิต นักเรียนได้ค้นพบสาเหตุของความซับซ้อน (ยุ่งยาก) สองประการคือ ความคลาดเคลื่อนจากการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการให้เหตุผลทางพีชคณิต และความคลาดเคลื่อนจากการหาข้อพิสูจน์การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย ด้วยเหตุผลดังกล่าว วิธีการเปรียบเทียบปัญหาของนักเรียน กระบวนการแก้ปัญหา และความสอดคล้องของปัญหา ทั้งสามจากบทเรียนตั้งแต่บทแรกจนถึงบทที่สี่ กระบวนการดังกล่าวโดยใช้แบบจำลองของทูลมิ

Hinton et al (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างความคล่องแคล่วทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่อง หรือนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อความล้มเหลวทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของการเรียนการสอนที่ให้คำแนะนำแบบ CRA-SI โดยจะประกอบไปด้วยสื่อ 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นรูปธรรม 2) ขั้นตัวแทนวัตถุจริง และ 3) ขั้นที่เป็นนามธรรม ซึ่ง CRA-SI กลยุทธ์นี้มักจะเกี่ยวข้องกับการช่วยจำที่ช่วยให้นักเรียนจำขั้นตอนหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ความจำที่ใช้เป็นกลยุทธ์ใน CRA-SI ได้แก่ DRAW, RENAME, FASTDRAW, STAR และ SUMLOW ผลการวิจัยพบว่า CRA-SI เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีประโยชน์สำหรับการสอนนักเรียนที่มีภูมิหลังที่หลากหลาย เช่น นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียน บกพร่องทางสติปัญญา และความบกพร่องทางอารมณ์ รวมถึงนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อความล้มเหลวทางคณิตศาสตร์ และยังพบว่ามีประสิทธิภาพในการสร้างความคล่องแคล่วทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

Peltier and Vannest (2016) ได้ศึกษาการใช้กลวิธี STAR เพื่อปรับปรุงแก้ปัญหาสามารถในการแก้โจทย์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความผิดปกติทางอารมณ์ โดยประเมินรายงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 20 คน ในโรงเรียนของรัฐแมรี่แลนด์ โดยทำการศึกษาจากจำนวน 10 คน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 5 คน มีพฤติกรรมบกพร่องด้านสุขภาพ (OHI) และนักเรียนจำนวน 5 คน มีความบกพร่องในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (MLD) หรือความผิดปกติทางอารมณ์และพฤติกรรม (EBD) ในการวิจัยได้ใช้การเรียนการสอนที่เป็นรูปธรรม-นามธรรม (CRA) เพื่อช่วยนักเรียนในการทำความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกับวิธีใช้กลวิธี STAR เพื่อให้นักเรียนมีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเรียนการสอนที่เป็นรูปธรรม-นามธรรม (CRA) ร่วมกับกลวิธี STAR ในนักเรียนกลุ่มความผิดปกติทางอารมณ์และพฤติกรรม (EBD) ช่วยให้นักเรียนสามารถทำงานได้อย่างอิสระและประสบผลสำเร็จมากขึ้น และมีวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เข้าใจง่ายขึ้นและรับรู้เข้าใจถึงลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกัน

Bibih et al (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อวิเคราะห์การประยุกต์ใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย และเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 8 จำนวน 80 คน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง โดยใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีสอนแบบปกติ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย และกลวิธี STAR มีผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดให้เป็นระบบและฝึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้มีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR จะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน โดยผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายด้วยการนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และมีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในเรื่องที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้ว จากนั้นผู้วิจัยจึงนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคนมาคิดเป็นร้อยละ แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน แสดงได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2

เลขที่	คะแนน (28)	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70	เลขที่	คะแนน (28)	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
1	15	ไม่ผ่าน	21	19	ไม่ผ่าน
2	11	ไม่ผ่าน	22	28	ผ่าน
3	15	ไม่ผ่าน	23	22	ผ่าน
4	12	ไม่ผ่าน	24	14	ไม่ผ่าน
5	28	ผ่าน	25	16	ไม่ผ่าน
6	14	ไม่ผ่าน	26	4	ไม่ผ่าน
7	7	ไม่ผ่าน	27	22	ผ่าน
8	18	ไม่ผ่าน	28	28	ผ่าน
9	26	ผ่าน	29	16	ไม่ผ่าน
10	11	ไม่ผ่าน	30	26	ผ่าน
11	24	ผ่าน	31	24	ผ่าน
12	10	ไม่ผ่าน	32	7	ไม่ผ่าน
13	26	ผ่าน	33	4	ไม่ผ่าน
14	23	ผ่าน	34	10	ไม่ผ่าน
15	24	ผ่าน	35	13	ไม่ผ่าน
16	18	ไม่ผ่าน	36	18	ไม่ผ่าน
17	23	ผ่าน	37	10	ไม่ผ่าน
18	25	ผ่าน	38	17	ไม่ผ่าน
19	28	ผ่าน	39	11	ไม่ผ่าน
20	23	ผ่าน	40	4	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 7 พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 24 คน จากนักเรียนทั้งหมด 40 คน ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายดังกล่าว ควรที่จะได้รับการพัฒนา เพราะการแก้โจทย์ปัญหาถือเป็นทักษะที่มีความจำเป็นต่อนักเรียนและส่งผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์เป็นอย่างมาก รวมทั้งอาจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ใน

อนาคตข้างหน้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จำนวน 9 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ทั้งหมด 3 ชุด ชุดละ 3 ข้อ

3. แบบบันทึกหลังการสอนของครู

4. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนการสอนแบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR จำนวน 9 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาเนื้อหาบทเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญของหน่วยการเรียนรู้ เพื่อแบ่งเนื้อหาและนำเนื้อหามาออกแบบกิจกรรมภายในชั้นเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ดำเนินการสอน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	1	อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน	• กระแสไฟฟ้า เกิดขึ้นจากการการถ่ายโอนของประจุไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่หรือไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า • ความสัมพันธ์ของจำนวนอิเล็กตรอน (n) กับปริมาณประจุ (Q) เมื่ออิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ (e) จะได้ว่า $Q = ne$	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้ 3. นักเรียนรู้รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	2
	2	อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณ	กระแสไฟฟ้าในตัวนำ	• การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในตัวนำจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยขนาดของกระแสไฟฟ้าในตัวนำใด ๆ ย่อมมีค่าเท่ากับปริมาณประจุไฟฟ้าที่วิ่งผ่านหน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งของตัวนำในหนึ่งหน่วยเวลาตามสมการ $I = \frac{Q}{\Delta t}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายกระแสไฟฟ้าในตัวนำได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าได้ 3. นักเรียนรู้รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
		ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง				
1	3	อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	• เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า • กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำตามสมการ $I = nev_d A$	1. นักเรียนสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ และปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ 3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	2
2	4	ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำ โลหะ	กฎของโอห์ม และความต้านทาน	• เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตาม	1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎของโอห์มได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
		ที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน		กฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $I=\left(\frac{1}{R}\right)\Delta V$	กับกฎของโอห์มได้ 3. นักเรียนรู้รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	
2	5	ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำ โลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	สภาพต้านทานไฟฟ้า และสภาพนำไฟฟ้า	• สภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ : โร) คือปริมาณการวัดของการต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวัสดุ ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำบ่งชี้ว่าวัสดุยินยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้ง่าย ซึ่งเป็นไปตามสมการ $R=\rho\left(\frac{l}{A}\right)$ • สภาพนำไฟฟ้า (σ : ซิกมา) เป็นความสามารถของสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน สภาพนำไฟฟ้าแปรผกผันกับสภาพต้านทาน ซึ่งจะได้ว่า $\sigma=\frac{1}{\rho}$	1. นักเรียนสามารถจำแนกความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้า และสภาพนำไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาสภาพต้านทานไฟฟ้า และสภาพนำไฟฟ้าได้ 3. นักเรียนรู้รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
2	6	ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	• ตัวต้านทาน เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้าให้พอเหมาะกับการใช้งาน โดยตัวต้านทานที่ใช้ทั่วไปส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า ตัวต้านทานค่าคงตัว (fixed resistor) • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$ • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลงตามสมการ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$	1. นักเรียนสามารถจำแนกค่าความต้านทานจากแถบสีบนตัวต้านทานได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความต้านทานมูลฐานได้ 3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	2
3	7	ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และ	พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	• แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วย	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
3		กำลังไฟฟ้า	พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ $\varepsilon = \Delta V + Ir$ • พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $W = I\Delta Vt$ และ $P = I\Delta V$	และกระแสไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	
	8	ทดลองและคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน	แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น	• เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูล และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + ... + \varepsilon_n$ และ $r = r_1 + r_2 + ... + r_n$ ตามลำดับ • เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมี	1. นักเรียนสามารถอธิบายอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูล เมื่อต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนานได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
3				ค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = ... = \varepsilon_n$ และ $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + ... + \frac{1}{r_n}$ ตามลำดับ • กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$	กระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทานได้ 3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	
	9	อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย	พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	• การนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเซลล์สุริยะ โดยที่ประสิทธิภาพของเซลล์	1. นักเรียนสามารถประเมินความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่ายของพลังงานทดแทนได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะได้ 3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				สุริยะ = (พลังงานที่ได้จากเซลล์สุริยะ/พลังงานแสงอาทิตย์) x100%		

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผล แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาให้ข้อเสนอแนะ คือ การปรับกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา ปรับสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับเนื้อหา มีความชัดเจน และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ วุฒิการศึกษา ค.ด. (การวัดผลและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำวิชาภาควิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสการินทร์ เศรษฐากา ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

4) นางกิตติมา ธรรมราษฎร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

5) นางสาวอมรรัตน์ กรมรินทร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

1.6 นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 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

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยค่าความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.51 - 5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน และถือเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินปรากฏว่า คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ มีผลการประเมินอยู่ระหว่าง 4.46 - 4.58 สรุปผลการประเมินจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้รับข้อเสนอแนะ คือ ควรวางแผนขั้นตอนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม และควรปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ชุด ชุดละ 3 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คู่มือกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

2.2 สร้างนิยามที่บ่งชี้พฤติกรรมเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

2.3 ศึกษาโจทย์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลายเพื่อนำมาประกอบการสร้างแบบทดสอบ

2.4 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบสำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
1	1. กระแสไฟฟ้า และการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน 2. กระแสไฟฟ้าในตัวนำ 3. กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าได้	2	1
		3. นักเรียนสามารถคำนวณหากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ และปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	2	1
จำนวนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1			6	3
2	1. กฎของโอห์ม และความต้านทาน 2. สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า 3. ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของโอห์มได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถคำนวณหาสภาพต้านทานไฟฟ้า และสภาพนำไฟฟ้าได้	2	1
		3. นักเรียนสามารถคำนวณหาความต้านทานมูลฐานได้	2	1
จำนวนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2			6	3
3	1. พลังงานในวงจร ไฟฟ้ากระแสตรง 2. แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น 3. พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทานได้	2	1
		3. นักเรียนสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะได้	2	1
จำนวนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3			6	3

2.5 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้ากระแส โดยสร้างแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และนำไปใช้เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการแต่ละรอบ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นประเมิน		**เกณฑ์การประเมิน**		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (S)		บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วนทั้งหมด	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (T)		สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หรือรูปภาพได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)	3.1 ด้านการกำหนดสมการที่ใช้	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
	3.2 ด้านการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ขั้นประเมิน		เกณฑ์การประเมิน		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
	3.3 ด้านกระบวนการในการคำนวณ	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และละเอียด	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ละเอียด	ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้
	3.4 ด้านคำตอบ	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้
ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)		สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล	สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังขาดความสมเหตุสมผล	ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้

2.6 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ ควรปรับรูปแบบของคำถามในโจทย์ปัญหาในแบบทดสอบแต่ละข้อให้ชัดเจน ปรับปรุงรูปประโยคของโจทย์ให้นักเรียนวิเคราะห์ตัวแปรได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งเกณฑ์ในการวัดประเมินผลให้มีความชัดเจน และเข้าใจง่ายขึ้น

2.7 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ วุฒิการศึกษา ค.ด. (การวัดผลและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำวิชาภาควิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสการินทร์ เศรษฐากา ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

4) นางกิตติมา ธรรมราษฎร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

5) นางสาวอมรรัตน์ กรมรินทร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง ความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงกับจุดประสงค์

2.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าข้อสอบนั้นมีความสอดคล้อง ซึ่งผลการประเมิน พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 - 1 ทุกข้อ

2.9 นำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับปรุงคำถามในข้อสอบให้ถูกต้องเหมาะสม และเป็นประโยคที่อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย

2.10 จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. แบบสัมภาษณ์

เป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยจะใช้สัมภาษณ์นักเรียนเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 กำหนดขอบเขตของรายละเอียดในประเด็นที่จะทำการสัมภาษณ์

3.3 สร้างแบบสัมภาษณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

3.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้

ให้ข้อเสนอแนะ คือ ควรปรับแก้ลักษณะคำถามให้สอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ และเข้าใจง่าย

3.5 นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบ ซึ่งไปประกอบด้วย

1) ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ วุฒิการศึกษา ค.ด. (การวัดผลและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำวิชาภาควิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสการินทร์ เศรษฐากา ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

4) นางกิตติมา ธรรมราษฎร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

5) นางสาวอมรรัตน์ กรมรินทร์ ตำแหน่งครู ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ผู้เชี่ยวด้านเนื้อหาและการสอนวิชาฟิสิกส์

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

3.6 นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบโดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) และค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าเป็นข้อคำถามที่เหมาะสม ซึ่งผลการพิจารณา พบว่า แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีค่า IOC เท่ากับ 1 ทุกข้อ

3.7 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาปรับปรุง โดยปรับปรุงคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ให้มีความสอดคล้องกับประเด็นคำถามที่ต้องการทราบ และให้นักเรียนเข้าใจคำถามได้ง่ายขึ้น จากนั้นจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ แล้วนำไปใช้เป็นเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกตผล และการสะท้อนผล โดยทำการดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ และมีรายละเอียดแต่ละวงรอบปฏิบัติการ มีดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning)

1.1 สำรวจสภาพปัญหาของผู้เรียน รวมทั้งศึกษาความต้องการและสภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีศึกษา ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสัมภาษณ์ครูผู้สอน

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พร้อมหาแนวทางในการพัฒนาผู้เรียน

1.3 ศึกษาหลักสูตร และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของโรงเรียนสตรีศึกษา กำหนดเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน และศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดและสร้างเครื่องมือที่จะใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

1.4 ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรม และรับคำแนะนำ

1.6 นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

1.7 ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำ

1.8 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติการ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ที่พัฒนาขึ้น ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โดยวงรอบการปฏิบัติที่ 1 จะประกอบไปด้วย 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

ขั้นที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation)

3.1 สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3.2 บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

3.4 ใช้แบบสัมภาษณ์ สัมภาษณ์นักเรียนเมื่อเสร็จสิ้นวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflection)

นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์ มาอภิปราย วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติ จากนั้นนำข้อสรุปที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขและออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning)

1.1 นำข้อมูลจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่พบจุดบกพร่อง มาปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

1.2 ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR โดยผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้ละเอียดขึ้น มีการปรับสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมให้มีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการนำสื่อสถานการณ์จำลองทางฟิสิกส์เข้ามาช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ นอกจากนั้นยังมีการเสริมแรงด้วยการเสริมแรงให้คะแนนพิเศษนักเรียนที่ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติการ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ที่ได้ทำการปรับกิจกรรมตามผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาใช้ในวงรอบการปฏิบัติที่ 2 ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของโอห์มและความต้านทาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน

ขั้นที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation)

3.1 สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3.2 บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2

3.4 ใช้แบบสัมภาษณ์ สัมภาษณ์นักเรียนเมื่อเสร็จสิ้นวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflection)

นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์ มาอภิปราย วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติ จากนั้นนำข้อสรุปที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขและออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning)

1.1 นำข้อมูลจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่พบจุดบกพร่องมาปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

1.2 ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR โดยผู้วิจัยมีการเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทุกขั้นตอนมากยิ่งขึ้น และมีแบบฝึกหัดเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาเสริมให้นักเรียนฝึกทำด้วยตนเองที่บ้าน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติการ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ที่ได้ทำการปรับกิจกรรมตามผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาใช้ในวงรอบการปฏิบัติที่ 3 ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

ขั้นที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation)

3.1 สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3.2 บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 3

3.4 ใช้แบบสัมภาษณ์ สัมภาษณ์นักเรียนเมื่อเสร็จสิ้นวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflection)

นำผลการประเมินทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มาวิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์นักเรียน มาวิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบการบรรยาย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$P = \frac{f}{n} \text{x } 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\bar{x} = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน คะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

Σ แทน ผลรวม

2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) โดยใช้วิธีหาดัชนีความ สอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคลอง

R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละวงจรปฏิบัติการ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

$\overline{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR และหลังจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 24 คน ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายดังกล่าว โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 42 คะแนน และนำคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
1	24	57.14	ไม่ผ่าน	35	83.33	ผ่าน	38	90.48	ผ่าน
2	18	42.86	ไม่ผ่าน	31	73.81	ผ่าน	37	88.10	ผ่าน
3	22	52.38	ไม่ผ่าน	34	80.95	ผ่าน	38	90.48	ผ่าน
4	18	42.86	ไม่ผ่าน	31	73.81	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
5	30	71.43	ผ่าน	35	83.33	ผ่าน	36	85.71	ผ่าน
6	33	78.57	ผ่าน	40	95.24	ผ่าน	42	100.00	ผ่าน
7	30	71.43	ผ่าน	30	71.43	ผ่าน	41	97.62	ผ่าน
8	34	80.95	ผ่าน	33	78.57	ผ่าน	35	83.33	ผ่าน
9	17	40.48	ไม่ผ่าน	32	76.19	ผ่าน	37	88.10	ผ่าน
10	31	73.81	ผ่าน	37	88.10	ผ่าน	40	95.24	ผ่าน
11	30	71.43	ผ่าน	33	78.57	ผ่าน	40	95.24	ผ่าน
12	17	40.48	ไม่ผ่าน	25	59.52	ไม่ผ่าน	36	85.71	ผ่าน
13	35	83.33	ผ่าน	37	88.10	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
14	12	28.57	ไม่ผ่าน	20	47.62	ไม่ผ่าน	29	69.05	ไม่ผ่าน
15	16	38.10	ไม่ผ่าน	30	71.43	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
16	32	76.19	ผ่าน	34	80.95	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
17	14	33.33	ไม่ผ่าน	23	54.76	ไม่ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
18	18	42.86	ไม่ผ่าน	31	73.81	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
19	33	78.57	ผ่าน	32	76.19	ผ่าน	39	92.86	ผ่าน
20	32	76.19	ผ่าน	35	83.33	ผ่าน	41	97.62	ผ่าน
21	30	71.43	ผ่าน	31	73.81	ผ่าน	38	90.48	ผ่าน
22	33	78.57	ผ่าน	36	85.71	ผ่าน	38	90.48	ผ่าน
23	19	45.24	ไม่ผ่าน	28	66.67	ไม่ผ่าน	33	78.57	ผ่าน
24	14	33.33	ไม่ผ่าน	16	38.10	ไม่ผ่าน	24	57.14	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 11 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
$\overline{x}$	24.63	58.63	ไม่ผ่าน	31.21	74.31	ผ่าน	37.33	88.89	ผ่าน
S.D.	7.82	18.63	-	5.56	13.23	-	3.95	9.41	-
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์			12 คน			19 คน			22 คน

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.63 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 58.63 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.31 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 37.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.89 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละวงจรปฏิบัติการเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะรายงานผลในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและสังเกตสภาพปัญหาในชั้นเรียน และสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนจากแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน พบว่า ในจำนวนนักเรียน 40 คน มีนักเรียนทำแบบทดสอบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นจำนวน 16 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 24 คน และควรที่จะได้รับการพัฒนา จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ร่วมกับกลวิธี STAR และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์ เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย และนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2. ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ โดยใช้เวลาในการดำเนินการ 6 ชั่วโมง

3. ขั้นสังเกต (Observation)

หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 1 แล้ว ผู้วิจัยได้ทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 42 คะแนน โดยผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 24 คน สามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 24 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	**คะแนน (42 คะแนน)**	**ร้อยละ**	**ผลการประเมิน**
1	24	57.14	ไม่ผ่าน
2	18	42.86	ไม่ผ่าน
3	22	52.38	ไม่ผ่าน
4	18	42.86	ไม่ผ่าน
5	30	71.43	ผ่าน
6	33	78.57	ผ่าน
7	30	71.43	ผ่าน
8	34	80.95	ผ่าน
9	17	40.48	ไม่ผ่าน
10	31	73.81	ผ่าน
11	30	71.43	ผ่าน

ตารางที่ 12 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนน (42 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
12	17	40.48	ไม่ผ่าน
13	35	83.33	ผ่าน
14	12	28.57	ไม่ผ่าน
15	16	38.10	ไม่ผ่าน
16	32	76.19	ผ่าน
17	14	33.33	ไม่ผ่าน
18	18	42.86	ไม่ผ่าน
19	33	78.57	ผ่าน
20	32	76.19	ผ่าน
21	30	71.43	ผ่าน
22	33	78.57	ผ่าน
23	19	45.24	ไม่ผ่าน
24	14	33.33	ไม่ผ่าน
$\bar{x}$	24.63	58.63	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 12 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 24 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 สามารถแสดงผลคะแนนตามรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
1	1	0	0	✗	1	50	✗	4	50	✗	2	100	✓	24	57.14	✗
	2	1	50	✗	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	6	75	✓	2	100	✓			
	$\overline{x}$	0.67	33.33	✗	1.33	66.67	✗	4.67	58.33	✗	1.33	66.67	✗			
2	1	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	18	42.86	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	2	100	✓			
	3	1	50	✗	1	50	✗	4	50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	1.33	66.67	✗	1.33	66.67	✗	2.67	33.33	✗	0.67	33.33	✗			
3	1	0	0	✗	1	50	✗	3	37.50	✗	0	0	✗	22	52.38	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	7	87.50	✓	1	50	✗			
	$\overline{x}$	1	50	✗	1.33	66.67	✗	4.67	58.33	✗	0.33	16.67	✗			
4	1	1	50	✗	0	0	✗	3	37.50	✗	1	50	✗	18	42.86	✗
	2	0	0	✗	0	0	✗	6	75	✓	1	50	✗			
	3	1	50	✗	0	0	✗	4	50	✗	1	50	✗			
	$\overline{x}$	0.67	33.33	✗	0	0	✗	4.33	54.17	✗	1	50	✗			
9	1	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	17	40.48	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	5	62.50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	1.33	66.67	✗	1.33	66.67	✗	3	37.50	✗	0	0	✗			

ตารางที่ 13 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
12	1	1	50	✗	2	100	✓	0	0	✗	0	0	✗	17	40.48	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	6	75	✓	1	50	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	1	12.50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	1.33	66.67	✗	1.67	83.33	✓	2.33	29.17	✗	0.33	16.67	✗			
14	1	0	0	✗	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗	12	28.57	✗
	2	0	0	✗	2	100	✓	2	25	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	0.33	16.67	✗	1.33	83.33	✓	2	25	✗	0	0	✗			
15	1	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	16	38.10	✗
	2	1	50	✗	2	100	✓	6	75	✓	1	50	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	2	25	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	1	50	✗	1.33	66.67	✗	2.67	33.33	✗	0.33	16.67	✗			
17	1	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	14	33.33	✗
	2	1	50	✗	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	3	37.50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	1	50	✗	1.33	66.67	✗	2.33	29.17	✗	0	0	✗			
18	1	0	0	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	18	42.86	✗
	2	0	0	✗	1	50	✗	6	75	✓	0	0	✗			
	3	1	50	✗	0	0	✗	7	87.50	✓	2	100	✓			
	$\overline{x}$	0.33	16.67	✗	0.67	66.67	✗	4.33	54.17	✗	0.67	66.67	✗			

ตารางที่ 13 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
23	1	1	50	✗	1	50	✗	4	50	✗	1	50	✗	19	45.24	✗
	2	0	0	✗	1	50	✗	2	25	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	6	75	✓	1	50	✗			
	$\overline{x}$	0.67	66.67	✗	1	50	✗	4	50	✗	0.67	66.67	✗			
24	1	1	50	✗	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗	14	33.33	✗
	2	0	0	✗	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	3	1	50	✗	1	50	✗	4	50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	0.67	33.33	✗	1.33	66.67	✗	2.67	33.33	✗	0	0	✗			
$\sum \overline{x}$			45.83	✗		62.50	✗		41.32	✗		27.78	✗			

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

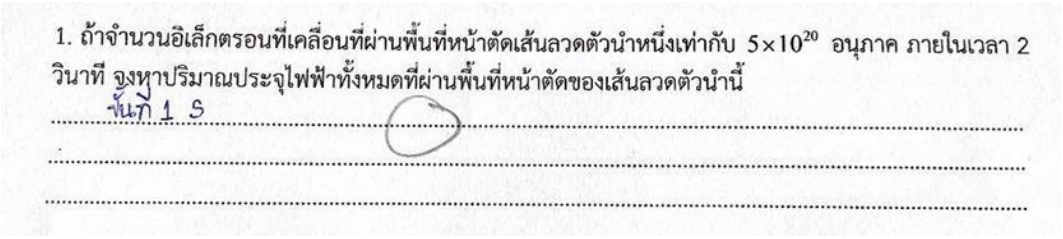
เครื่องหมาย ✗ หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 13 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนทั้งหมด 12 คน ซึ่งสามารถวิเคราะห์คะแนนทีละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาได้ คือ ในขั้นที่ 1 ขั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.83 ขั้นที่ 2 ขั้นแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 41.32 และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 27.78

เมื่อพิจารณาการเขียนคำตอบในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาพบประเด็นปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา ประเมินจากการที่นักเรียนสามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา แล้วตีความหมายจากโจทย์เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้างและสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร จากนั้นเขียนระบุคำสำคัญว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ต้องการให้หาอะไรลงในแบบทดสอบ ซึ่งจากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน สามารถแบ่งประเด็นปัญหาที่พบในขั้นนี้ได้เป็น 2 ประเด็น คือ

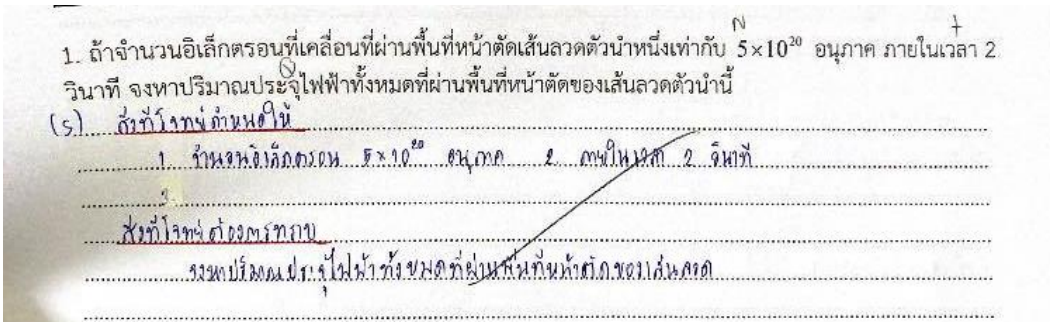
1.1 นักเรียนไม่เขียนระบุข้อมูลว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ต้องการให้หาอะไร โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 2


1. ถ้าจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดเส้นลวดตัวนำหนึ่งเท่ากับ 5×10^{20} อนุภาค ภายในเวลา 2 วินาที จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำนี้
ขั้นที่ 1 S

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่ระบุข้อมูลสำคัญในโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนเฉพาะขั้นศึกษาโจทย์ปัญหาไว้โดยไม่ได้ระบุข้อมูลอื่นเพิ่มเติมลงไปเลย

1.2 นักเรียนสามารถเขียนระบุข้อมูลสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ แต่เขียนระบุข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ครบถ้วน โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 3

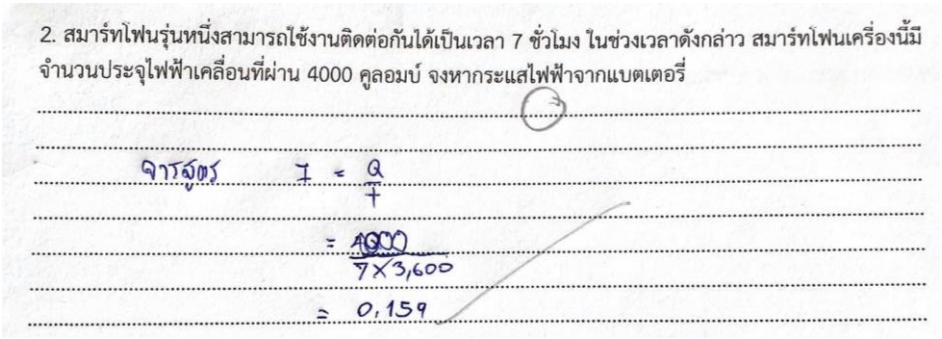

1. ถ้าจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดเส้นลวดตัวนำหนึ่งเท่ากับ 5×10^{20} อนุภาค ภายในเวลา 2 วินาที จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำนี้
(S) สิ่งที่โจทย์กำหนดให้
1 จำนวนอิเล็กตรอน 5×10^{20} อนุภาค 2 ภายในเวลา 2 วินาที
สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ
ปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด

ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุข้อมูลสำคัญในโจทย์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 3 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ แต่เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบ เพราะยังขาดอีกหนึ่งข้อมูล คือ ค่าประจุของอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญที่จะต้องนำมาเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยรูปแบบการเขียนของนักเรียนจะเป็นการคัดลอกข้อความจากโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา ประเมินจากการเขียนอธิบายในส่วนที่ 2 ของนักเรียน โดยในส่วนนี้นักเรียนจะต้องแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ให้ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งจากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน สามารถแบ่งประเด็นปัญหาที่พบในขั้นนี้ได้เป็น 2 ประเด็น คือ

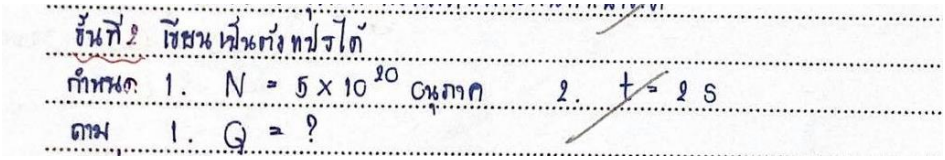
2.1 นักเรียนไม่เขียนแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่เขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่เขียนขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 แต่นักเรียนข้ามไปเขียนอธิบายรายละเอียดในขั้นที่ 3 ซึ่งเป็นขั้นการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

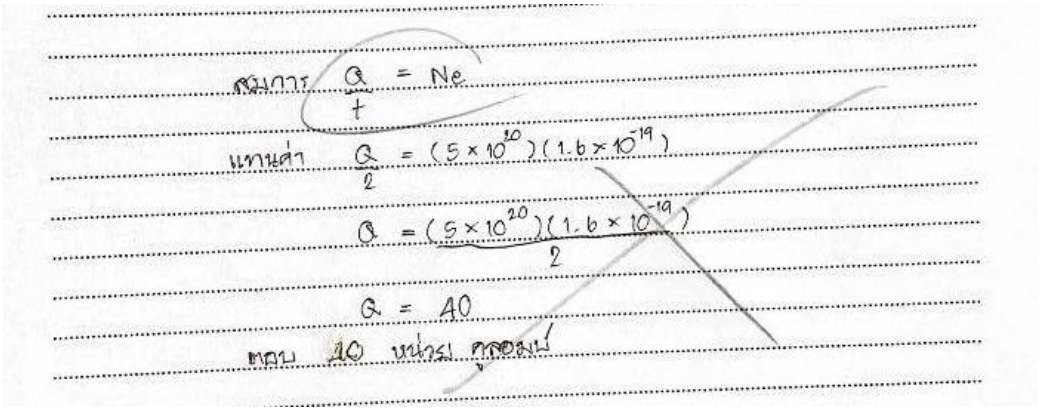
2.2 นักเรียนสามารถแปลงสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่แปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ไม่ครบถ้วน โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถเขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 5 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแปลงสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่เขียนแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ไม่ครบ เพราะยังขาดอีกหนึ่งข้อมูล คือ สัญลักษณ์ของอิเล็กตรอน (e) ที่มีความสำคัญที่จะต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา ประเมินจากการเขียนอธิบายในส่วนที่ 3 ของนักเรียน ซึ่งในส่วนนี้นักเรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา โดยเริ่มจากการกำหนดสมการ การแทนค่าตัวแปร และหาคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบให้ถูกต้อง จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนแสดงขั้นตอนการแก้สมการไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 6

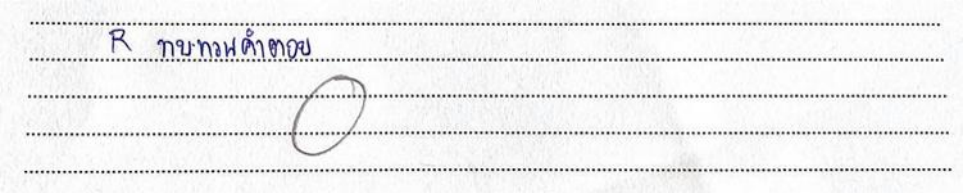


ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 6 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเลือกใช้สมการได้ไม่ตรงตามทฤษฎี และไม่เหมาะสมกับโจทย์ปัญหา จึงทำให้แทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ผิดพลาด รวมทั้งส่งผลให้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและการได้มาซึ่งคำตอบที่ไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ ประเมินจากการเขียนอธิบายในส่วนที่ 4 ของนักเรียน ซึ่งในส่วนนี้นักเรียนจะต้องแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้องสมเหตุสมผลกันหรือไม่ จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน สามารถแบ่งประเด็นปัญหาที่พบในขั้นนี้ได้เป็น 2 ประเด็น คือ

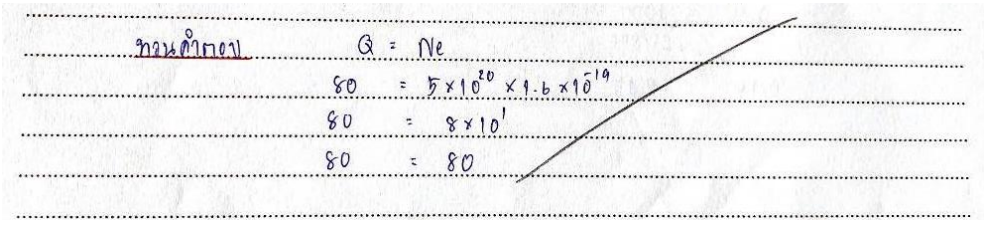
4.1 นักเรียนไม่เขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 7



ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่ไม่เขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 7 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนเฉพาะขั้นทบทวนคำตอบไว้ โดยไม่ได้ระบุข้อมูลอื่นเพิ่มเติมลงไปเลย

4.2 นักเรียนมีการเขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผลของการได้มาซึ่งคำตอบ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 8



ภาพประกอบที่ 8 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่มีการแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 1

จากภาพประกอบที่ 8 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ โดยมีการแทนค่าตัวเลขของตัวแปรย้อนกลับลงไปในสมการที่ตนเองเลือกใช้ได้ถูกต้อง และสามารถแสดงวิธีทำได้อย่างเป็นขั้นตอน แต่ยังขาดการระบุสรุปเหตุผลของการได้มาซึ่งคำตอบ

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน โดยจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปประเด็นได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น คือ

1.1 นักเรียนไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้เห็นความสำคัญของการเขียนระบุข้อมูลสำคัญที่มีในโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่รู้จะเขียนไปทำไมนะคะ ในเมื่อในโจทย์มันก็มีอยู่แล้ว หนูก็เลยไม่ได้เขียนคำตอบในส่วนนี้ เพราะคิดว่ามันไม่ได้สำคัญและยังทำให้เสียเวลาด้วย”

(นักเรียนคนที่ 14, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

1.2 นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน เนื่องจากนักเรียนวิเคราะห์โจทย์ปัญหายังไม่ครอบคลุม ขาดการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียน จึงทำให้หลงลืมข้อมูลสำคัญที่โจทย์ไม่ได้กำหนดมาให้ ซึ่งเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ในโจทย์ข้อ 1 และข้อ 3 ผมไม่ได้เขียนค่าประจุของอิเล็กตรอนเลย เพราะผมเขียนตามข้อมูลที่มีในโจทย์แค่นั้น และผมก็ลืมว่าครูให้จำ(ค่าประจุอิเล็กตรอน) ถ้าโจทย์ไม่บอกมา”

(นักเรียนคนที่ 2, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูอ่านโจทย์เข้าใจนะคะ ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง และโจทย์ต้องการให้หาอะไร แต่หนูแค่เขียนในสิ่งที่โจทย์ให้มาไม่ครบ หนูลืมว่ามันต้องมีค่าประจุอิเล็กตรอนด้วย”

(นักเรียนคนที่ 12, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น คือ

2.1 นักเรียนไม่สามารถแปลงข้อมูลจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ หรือสามารถแปลงได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากนักเรียนจำความหมายของสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ยังไม่ได้ หรือเกิดความสับสนระหว่างสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูจำสัญลักษณ์ได้แค่บางคำ เพราะตอนที่ครูสอน หนูไม่ค่อยได้ตั้งใจฟังเท่าไหร่ หนูเลยเขียนได้เท่าที่จำได้ค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 9, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

2.2 นักเรียนขาดความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น การแปลงหน่วย รวมทั้งยังไม่เห็นความสำคัญในการแปลงข้อมูลในโจทย์ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ผมรู้นะครับว่าในโจทย์ตัวแปรมันคืออะไรบ้าง แต่ผมไม่ได้เขียนแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ถามหาให้มันเป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ลงในส่วนนี้ เพราะปกติเวลาทำโจทย์ก็ไม่เคยเขียนอยู่แล้ว ส่วนใหญ่ผมจะเอาไปแทนค่าลงในสูตรเลย”

(นักเรียนคนที่ 4, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูไม่รู้ว่าการแปลงหน่วยจากตารางมิลลิเมตรเป็นตารางเมตร และชั่วโมงเป็นวินาทีมันต้องทำยังไง ก็เลยไม่ได้เขียนแปลงเป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์”

(นักเรียนคนที่ 23, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์สามารถแยกได้เป็น 2 ประเด็นคือ

3.1 เมื่อนักเรียนเลือกสมการเพื่อนำไปใช้หาคำตอบได้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากขาดความรู้ในเรื่องความสัมพันธ์ เช่น กฎเกณฑ์ หรือสูตร ทำให้แทนค่าตัวแปรไม่ถูกต้อง หรือแทนค่าได้เพียงบางตัว จึงเป็นผลให้กระบวนการคำนวณหาคำตอบผิดพลาด และได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ผมใช้สมการผิดครับ เพราะเข้าใจว่าสมการที่เลือกมามันก็สามารถใช้หาประจุไฟฟ้าได้เหมือนกัน แต่พอกลับมาทบทวนหลังจากสอบเสร็จ ข้อ 1 มันต้องใช้สมการ $Q = ne$ และคำตอบที่ผมหาไปก็คงผิด”

(นักเรียนคนที่ 4, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

3.2 เมื่อนักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนมักจะมีข้อผิดพลาดในกระบวนการคิดคำนวณ เช่น การย้ายข้างสมการ คูณและหารส่วนผิดพลาด เป็นผลทำให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังขาดการระบุหน่วยของคำตอบ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูไม่มั่นใจเลยเวลาคำนวณหาคำตอบ เพราะหารเลขไม่ค่อยจะถูก หนูกลัวว่าคำตอบที่หาได้จะไม่ถูกต้อง”

(นักเรียนคนที่ 9, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูแสดงวิธีทำได้อยู่นะครู แต่เวลาคำนวณหนูมักจะมีปัญหาเรื่อง การย้ายข้างสมการ มันสับสนเวลาย้ายเศษส่วนจากหารไปคูณ และคูณไปหาร และบางทีหาคำตอบได้แล้วก็ลืมใส่หน่วย”

(นักเรียนคนที่ 18, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การทบทวนคำตอบ พบว่า นักเรียนมักไม่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เนื่องจากแสดงวิธีการหาคำตอบในขั้นที่ 3 ไม่ได้ เพราะยังไม่เข้าใจเนื้อหาในบทเรียน จึงทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้มาใช้แก้โจทย์ปัญหาได้ รวมทั้งยังไม่เข้าใจวิธีการตรวจสอบคำตอบ จึงเป็นผลให้นักเรียนไม่เขียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ผมไม่ได้เขียนในส่วนนี้เลย เพราะผมหาคำตอบไม่ได้ เลยไม่รู้จะเอาคำตอบจากไหนมาเขียนแสดงวิธีทบทวนคำตอบ”

(นักเรียนคนที่ 2, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูหาคำตอบได้นะคะ แต่ยังไม่เข้าใจวิธีการเขียนทบทวนคำตอบ เพราะช่วงที่ครูอธิบายไม่ค่อยได้ตั้งใจฟัง หนูก็เลยเว้นว่างไม่เขียนคำตอบในส่วนนี้”

(นักเรียนคนที่ 14, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูไม่แน่ใจว่าคำตอบที่หามาได้มันถูกไหม และเวลาที่ครูให้ทำแบบทดสอบมันก็ใกล้จะหมดแล้ว เลยไม่กล้าเขียนแสดงวิธีทบทวนคำตอบค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 24, 17 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีปัญหาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป โดยในขั้นศึกษาโจทย์ นักเรียนยังมีปัญหาด้านการระบุข้อมูลสำคัญในโจทย์ ขั้นแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา นักเรียนยังมีปัญหาไม่สามารถแปลงประโยคภาษาให้เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ ขั้นการหาคำตอบ นักเรียนยังมีปัญหาด้านการเลือกสมการ การแทนค่าตัวแปร รวมถึงกระบวนการคิดคำนวณเพื่อแก้สมการหาคำตอบ และในขั้นการทบทวนคำตอบ นักเรียนยังมีปัญหาการแสดงวิธีการทบทวนคำตอบไม่ได้

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และผลจากการวิเคราะห์บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นนานเกินไป ส่งผลให้กิจกรรมบางขั้นไม่ได้ทำ เช่น การเฉลยใบงานร่วมกันหน้าชั้นเรียน เนื่องจากเวลาหมดก่อน และนักเรียนไม่ค่อยพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน หรือแบ่งหน้าที่กันทำงาน ทำให้บางคนก็ไม่ได้สนใจในกิจกรรม ไม่ได้ช่วยเพื่อนทำงาน ซึ่งคนที่คิดและทำก็จะมีเพียงไม่กี่คน จึงเป็นผลให้ขาดความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาและไม่เกิดกระบวนการคิด และเมื่อครูให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน ส่วนใหญ่จะมีแต่นักเรียนคนเดิม ๆ ที่กล้าออกมานำเสนอ ในส่วนของใบงานที่ให้นักเรียนทำท้ายแผน จะเห็นได้ว่านักเรียนบางคนก็ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้แก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองได้ จึงทำให้นักเรียนไม่ยอมคิดและรอแต่จะลอกเพื่อน นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นเคยกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR ซึ่งเป็นรูปแบบการเขียนอธิบายมีลำดับขั้นตอนที่มีรายละเอียดปลีกย่อยมาก จึงทำให้นักเรียนไม่อยากเขียน ไม่เห็นความสำคัญของแต่ละขั้น รวมทั้ง

นักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการคิดคำนวณพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้

4. การสะท้อนผล (Reflection)

จากการประเมินผลข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
1. นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นนานเกินไป	1. ครูกำหนดเวลาให้ชัดเจนว่าแต่ละขั้นของกิจกรรมใช้เวลาเท่าไหร่ และส่งสัญญาณเตือนเมื่อใกล้จะหมดเวลา
2. นักเรียนไม่มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน หรือแบ่งหน้าที่กันทำงาน	2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันทำงานให้ชัดเจน และคอยกำชับให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น
3. นักเรียนไม่กล้าออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	3. ครูคอยให้แรงกระตุ้น โดยการให้คะแนนและกล่าวคำชมเชยกับนักเรียนที่ออกมานำเสนอ
4. นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้แก้โจทย์ปัญหาได้	4. ครูฝึกให้นักเรียนสังเกตและทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ โจทย์ต้องการทราบเพื่อเชื่อมโยงความรู้
5. นักเรียนไม่เขียนอธิบายระบุข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ปัญหา	5. ครูกำชับให้นักเรียนเขียนอธิบายและระบุข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ปัญหา และชี้แนะว่า เพื่อจะช่วยให้สามารถจำแนกข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาได้ถี่ถ้วนว่าโจทย์กำหนดอะไร และโจทย์ต้องการให้หาอะไร
6. นักเรียนไม่สามารถแปลงข้อมูลในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ครบทั้งหมด	6. ครูเน้นย้ำให้นักเรียนจดจำสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์และความหมายของตัวแปร โดยการให้นักเรียนไฮไลท์ข้อความไว้

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
7. นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง	7. ครูกำชับให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบให้ละเอียด ทำเป็นขั้นตอน และให้รอบคอบเรื่องกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการระบุหน่วยของคำตอบ
8. นักเรียนไม่แสดงวิธีการทบทวนคำตอบของตนเอง	8. ครูยกตัวอย่างวิธีการทบทวนคำตอบจากโจทย์ปัญหาให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม และชี้แนะให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทบทวนคำตอบ เพื่อที่จะได้รู้ว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้องสมเหตุสมผล ตรงตามเงื่อนไขหรือไม่ อย่างไร

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ขั้นวางแผน (Planning)

หลังจากที่ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้นำปัญหานั้นมาปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยการอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนก่อนเริ่มเรียน กำหนดเวลาในแต่ละขั้นให้มีความเหมาะสม และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันทำงาน โดยผู้วิจัยจะคอยพูดกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และใช้การเสริมแรง (คะแนน) ให้แก่นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการออกไปนำเสนอ อีกทั้งได้แนะนำให้นักเรียนศึกษาเนื้อหามาล่วงหน้า ส่วนในขั้นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR ผู้วิจัยจะกำชับให้นักเรียนเห็นความสำคัญในแต่ละขั้น เพื่อจะได้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง และเป็นระบบยิ่งขึ้น

2. ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของโอห์มและความต้านทาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน โดยใช้เวลาในการดำเนินการ 6 ชั่วโมง

3. ขั้นสังเกต (Observation)

หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้ทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 42 คะแนน โดยผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	**คะแนน (42 คะแนน)**	**ร้อยละ**	**ผลการประเมิน**
1	35	83.33	ผ่าน
2	31	73.81	ผ่าน
3	34	80.95	ผ่าน
4	31	73.81	ผ่าน
5	35	83.33	ผ่าน
6	40	95.24	ผ่าน
7	30	71.43	ผ่าน
8	33	78.57	ผ่าน
9	32	76.19	ผ่าน
10	37	88.10	ผ่าน
11	33	78.57	ผ่าน
12	25	59.52	ไม่ผ่าน
13	37	88.10	ผ่าน
14	20	47.62	ไม่ผ่าน
15	30	71.43	ผ่าน
16	34	80.95	ผ่าน
17	23	54.76	ไม่ผ่าน
18	31	73.81	ดีมาก
19	32	76.19	ผ่าน
20	35	83.33	ผ่าน

ตารางที่ 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนน (42 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
21	31	73.81	ผ่าน
22	36	85.71	ผ่าน
23	28	66.67	ไม่ผ่าน
24	16	38.10	ไม่ผ่าน
$\bar{x}$	31.21	74.31	ผ่าน

จากตารางที่ 15 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 สามารถแสดงผลคะแนนรายละเอียดแต่ละขั้นได้ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
12	1	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗	25	59.52	✗
	2	2	100	✓	1	50	✗	4	50	✗	0	0	✗			
	3	2	100	✓	1	50	✗	6	75	✓	1	50	✗			
	$\bar{x}$	2	100	✓	1.33	66.67	✗	4.67	58.33	✗	0.33	16.67	✗			

ตารางที่ 16 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
14	1	2	100	✓	2	100	✓	3	37.5	✗	0	0	✗	20	47.62	✗
	2	2	100	✓	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	6	75	✓	0	0	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	1.67	66.67	✗	3	37.5	✗	0	0	✗			
17	1	2	100	✓	2	100	✓	6	75	✓	0	0	✗	23	54.76	✗
	2	2	100	✓	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	6	75	✓	0	0	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	1.67	83.33	✓	4	50	✗	0	0	✗			
23	1	2	100	✓	2	100	✓	7	87.5	✓	2	100	✓	28	66.67	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	3	37.5	✗	0	0	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	2	100	✓	4.67	58.33	✗	0.67	33.33	✗			
24	1	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	1	50	✗	16	38.10	✗
	2	2	100	✓	1	50	✗	0	0	✗	0	0	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	0	0	✗	0	0	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	1.67	83.33	✓	1.33	16.67	✗	0.33	16.67	✗			
$\sum \overline{x}$			100	✓		80	✓		44.17	✗		13.33	✗			

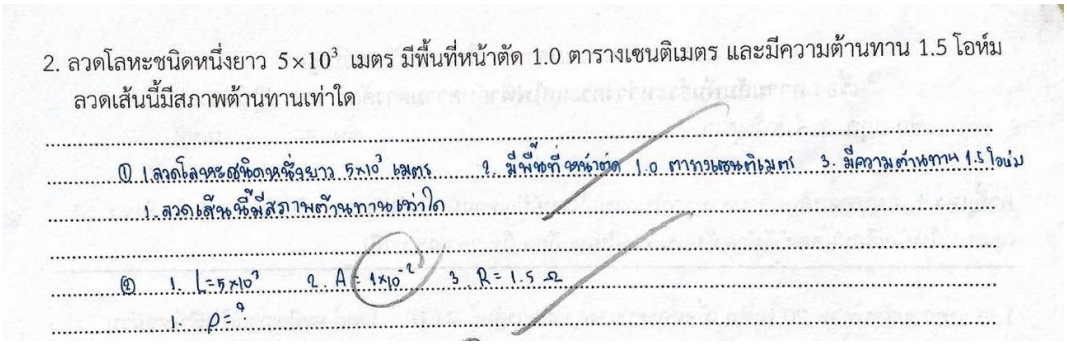
หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

เครื่องหมาย ✗ หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 16 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 5 คน ซึ่งสามารถวิเคราะห์คะแนนทีละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาได้ คือ ในขั้นที่ 1 ขั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 100 ขั้นที่ 2 ขั้นแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80 ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 44.17 และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 13.33

เมื่อพิจารณาการเขียนคำตอบในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งพบประเด็นปัญหาในขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา 3 ขั้นตอน ดังนี้

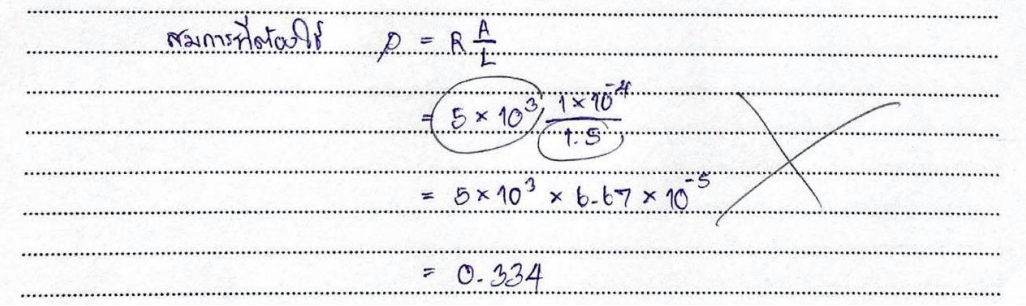
ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถแปลงสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่แปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ไม่ถูกต้องครบถ้วน ดังจะเห็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบที่ 9 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถเขียนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่ไม่สามารถแปลงหน่วยอนุพันธ์ให้เป็นหน่วยฐานได้ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2

จากภาพประกอบที่ 9 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแปลงสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่นักเรียนไม่สามารถแปลงค่าของข้อมูลบางส่วนให้อยู่ในรูปหน่วยฐานได้ ซึ่งในภาพประกอบที่ 9 ข้อมูลจากโจทย์กำหนดให้ พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเซนติเมตร จะต้องเปลี่ยนหน่วยให้เป็นเมตร เนื่องจากในการคำนวณโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จะต้องคำนวณเป็นหน่วยฐานเสมอ

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถแสดงขั้นตอนการแก้สมการได้ แต่คำตอบที่ได้ยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากแทนค่าตัวแปรผิด โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 10

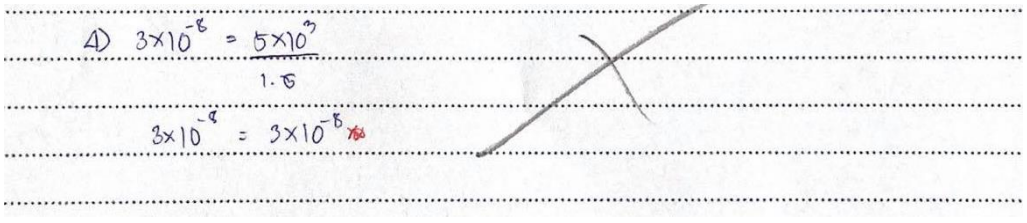


ภาพประกอบที่ 10 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2

จากภาพประกอบที่ 10 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนสมการได้ถูกต้อง และแสดงขั้นตอนการแก้สมการได้ แต่คำตอบที่ได้ยังไม่ถูกต้อง เพราะแทนค่าตัวเลขของตัวแปรผิด จึงทำให้คำนวณหาคำตอบได้ผิดพลาด รวมทั้งเมื่อได้คำตอบแล้วก็ไม่เขียนหน่วยกำกับคำตอบ

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน สามารถแบ่งประเด็นปัญหาที่พบในขั้นนี้ได้เป็น 2 ประเด็น คือ

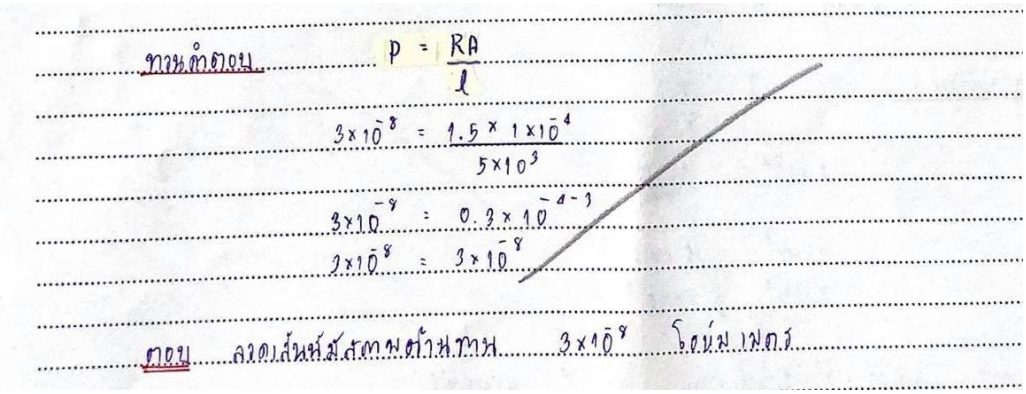
4.1 นักเรียนมีการแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ แต่ยังไม่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 11



ภาพประกอบที่ 11 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2

จากภาพประกอบที่ 11 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง เพราะไม่ได้แทนค่าตัวเลขคำตอบที่ได้มาลงในสมการที่ตนเองใช้ในการหาคำตอบในขั้นที่ 3 จากนั้นจึงดำเนินการหาผลลัพธ์ว่าตัวเลขทั้งสองข้างเท่ากันหรือไม่ แต่นักเรียนจะเขียนแทนค่าตัวเลขขึ้นมาและทำการคิดคำนวณหาผลลัพธ์เลย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง

4.2 นักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผลในการได้มาของคำตอบ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 12



ภาพประกอบที่ 12 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 2

จากภาพประกอบที่ 12 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดการระบุเหตุผลของคำตอบ โดยนักเรียนมีการเขียนแทนค่าคำตอบที่ได้มาลงในสมการที่ตนเองใช้ในการหาคำตอบในขั้นที่ 3 และดำเนินการหาผลลัพธ์ได้ว่าตัวเลขทั้งสองข้างเท่ากัน แต่นักเรียนไม่ได้สรุปเหตุผลว่าตัวเลขที่ได้เป็นจริงหรือไม่

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน โดยจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปประเด็นได้ ดังนี้

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนยังแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน เนื่องจากนักเรียนเกิดความสับสนระหว่างความหมายของสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ และขาดความรอบคอบในการแปลงหน่วยทางฟิสิกส์ จึงทำให้แปลงข้อมูลจากโจทย์เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ผิดพลาด ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูชอบจำสัญลักษณ์ระหว่างความหมายของความต้านทาน และสภาพต้านทานผิด ก็เลยทำให้แปลงข้อมูลที่อยู่ในโจทย์ได้ผิด”

(นักเรียนคนที่ 14, 25 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูลืมว่าพื้นที่หน้าตัดมันจะต้องแปลงหน่วยจากตารางเซนติเมตร ให้มันเป็นหน่วยตารางเมตรก่อนค่อยจะเอาไปคำนวณได้ ที่หนูทำไปก็คงจะไม่ถูก”

(นักเรียนคนที่ 24, 25 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา พบว่า เมื่อนักเรียนกำหนดสมการที่ใช้ในการหาคำตอบได้แล้ว มักจะแทนค่าตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางตัว เนื่องจากนักเรียนยังสับสนในตัวแปรหรือไม่มีความรอบคอบก่อนที่จะเขียน จึงส่งผลให้แทนค่าตัวแปรได้ผิด และหาคำตอบได้ผิดพลาด ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“เพราะหนูลืมแปลงหน่วยของตัวแปรก่อน เวลานำมาคำนวณมันเลยทำให้คำตอบไม่ถูก”

(นักเรียนคนที่ 12, 25 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูสะเพร่าเองค่ะครู เพราะรีบเขียนกลัวมันไม่ทันเวลา ก็เลยทำให้แทนค่าตัวแปรสลับที่กัน”

(นักเรียนคนที่ 23, 25 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การทบทวนคำตอบ พบว่า เมื่อนักเรียนคำนวณหาคำตอบได้แล้ว มักไม่แสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ เพราะคิดว่าหากแทนค่าในสมการแล้วก็ย่อมได้คำตอบที่ถูกต้องอย่างแน่นอน จึงส่งผลให้นักเรียนไม่มีการตรวจสอบหรือทบทวนคำตอบที่ได้ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูคิดว่าแค่หนูใช้สมการถูก และคำนวณหาคำตอบได้มันก็เพียงพอแล้ว ไม่จำเป็นต้องมาตรวจสอบคำตอบอีกหรอกครู”

(นักเรียนคนที่ 17, 25 กุมภาพันธ์ 2564 : สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถแปลงข้อมูลที่มีในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องทั้งหมด และยังแทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น จึงทำให้คำนวณหาคำตอบได้ไม่ถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนยังขาดการทบทวนคำตอบที่ถูกต้อง

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และผลจากการวิเคราะห์บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมากขึ้น ช่วยกันคิดและแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้เป็นอย่างดี และใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมได้กระชับขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางคนไม่ค่อยให้ความสนใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมการทดลอง รวมทั้งมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังไม่ค่อยเข้าใจวิธีการทำการทดลองในโปรแกรม จึงทำให้ผู้วิจัยต้องเข้าไปอธิบายวิธีใช้โปรแกรมและขั้นตอนการทำการทดลองอีกรอบ และในส่วนของใบงานที่ให้นักเรียนทำท้ายแผนจะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน มีการวางแผนลำดับขั้นตอนได้ดี แต่ยังเขียนไม่ค่อยละเอียด ส่วนมากนักเรียนมักลืมแปลงหน่วยทางฟิสิกส์ก่อนที่จะนำไปแทนค่าลงสมการเพื่อคำนวณหาคำตอบ จึงทำให้คำตอบที่ได้เกิดความผิดพลาด อีกทั้งนักเรียนมักไม่แสดงวิธีตรวจสอบคำตอบที่ได้

4. การสะท้อนผล (Reflection)

จากการประเมินผลข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
1. นักเรียนไม่เข้าใจวิธีใช้โปรแกรมการทดลอง และขั้นตอนการทำการทดลอง	1. ครูอธิบายวิธีใช้โปรแกรม และสาธิตขั้นตอนการทำการทดลองให้นักเรียนดูผ่านโปรเจกเตอร์อย่างช้า ๆ เพื่อให้นักเรียนตามทัน
2. นักเรียนไม่เขียนหน่วย และไม่แปลงหน่วยทางฟิสิกส์ จึงทำให้ไม่สามารถแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องทั้งหมด	2. ครูกำชับให้นักเรียนเขียนหน่วย และตรวจสอบหน่วยทางฟิสิกส์ให้ถูกต้องก่อนที่จะแปลงข้อมูลให้เป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์
3. นักเรียนไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ถูกต้องทั้งหมด จึงทำให้คำนวณหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ผิดพลาด	3. ครูเน้นย้ำความหมายของตัวแปรแต่ละตัวให้กับนักเรียน โดยการเขียนลงบนกระดาษและฉายให้นักเรียนดูผ่านโปรเจกเตอร์ รวมทั้งให้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนไปฝึกทำ

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
4. นักเรียนทบทวนคำตอบได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล	4. ครูกำชับให้นักเรียนเขียนทบทวนคำตอบของตนเองให้สมบูรณ์ เพื่อเป็นการลดความผิดพลาดของคำตอบที่ได้

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

1. ขั้นวางแผน (Planning)

หลังจากที่ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้นำปัญหานั้นมาปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยครูอธิบายวิธีการใช้งานโปรแกรมอย่างละเอียด มีการสาธิตการทำการทดลองในโปรแกรมให้นักเรียนดูก่อนที่จะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง และคอยกำชับให้นักเรียนเขียนหน่วยทางฟิสิกส์ให้ถูกต้องทุกครั้ง โดยอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญในการเขียนหน่วยและการแปลงหน่วยทางฟิสิกส์ อีกทั้งยังให้โจทย์ปัญหาเสริมเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR ให้มีความชำนาญมากยิ่งขึ้น

2. ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน โดยใช้เวลาในการดำเนินการ 6 ชั่วโมง

3. ขั้นสังเกต (Observation)

หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3 แล้ว ผู้วิจัยได้ทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 42 คะแนน โดยผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	**คะแนน (42 คะแนน)**	**ร้อยละ**	**ผลการประเมิน**
1	38	90.48	ผ่าน
2	37	88.10	ผ่าน
3	38	90.48	ผ่าน
4	39	92.86	ผ่าน
5	36	85.71	ผ่าน
6	42	100	ผ่าน
7	41	97.62	ผ่าน
8	35	83.33	ผ่าน
9	37	88.10	ผ่าน
10	40	95.24	ผ่าน
11	40	95.24	ผ่าน
12	36	85.71	ผ่าน
13	39	92.86	ผ่าน
14	29	69.05	ไม่ผ่าน
15	39	92.86	ผ่าน
16	39	92.86	ผ่าน
17	39	92.86	ผ่าน
18	39	92.86	ผ่าน
19	39	92.86	ผ่าน
20	41	97.62	ผ่าน
21	38	90.48	ผ่าน
22	38	90.48	ผ่าน
23	33	78.57	ผ่าน
24	24	57.14	ไม่ผ่าน
$\bar{x}$	37.33	88.89	ผ่าน

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 สามารถแสดงผลคะแนนรายละเอียดแต่ละขั้นได้ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของวงจรปฏิบัติการที่ *3*

นักเรียนคนที่	ข้อที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา												คะแนนรวม (42)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
		ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)			แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)			หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)			ทบทวนคำตอบ (R)					
		คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (8)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (2)	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
14	1	2	100	✓	2	100	✓	6	75	✓	1	50	✗	29	69.05	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	1	50	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	1	50	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	2	100	✓	4.67	58.33	✗	0.33	50	✗			
24	1	2	100	✓	2	100	✓	0	0	✗	0	0	✗	24	57.14	✗
	2	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	1	50	✗			
	3	2	100	✓	2	100	✓	4	50	✗	1	50	✗			
	$\overline{x}$	2	100	✓	2	100	✓	2.67	33.33	✗	0.67	33.33	✗			
$\sum \overline{x}$			100	✓		100	✓		45.83	✗		41.67	✗			

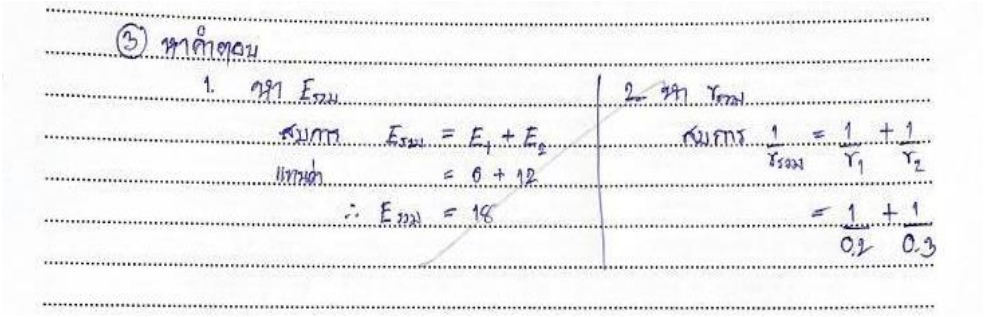
หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

เครื่องหมาย ✗ หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 19 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 2 คน ซึ่งสามารถวิเคราะห์คะแนนทีละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาได้ คือ ในขั้นที่ 1 ขั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 100 ขั้นที่ 2 ขั้นแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 100 ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.83 และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 41.67

เมื่อพิจารณาการเขียนคำตอบในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งพบประเด็นปัญหาในขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอน ดังนี้

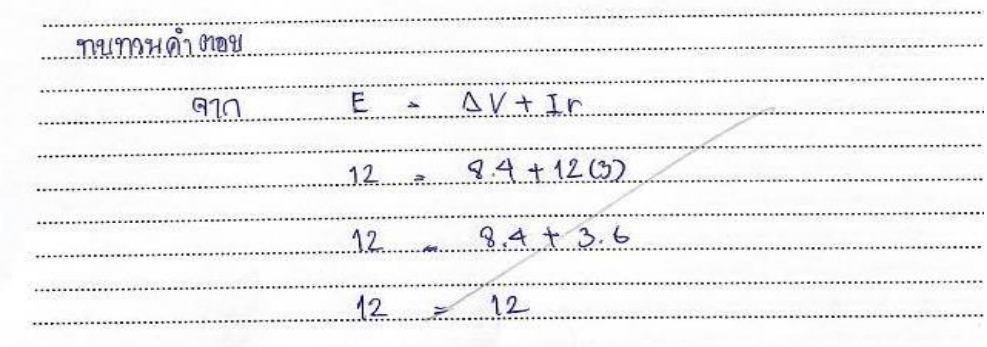
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่า เมื่อเจอโจทย์ปัญหาที่ให้หาคำตอบสองตัวแปร นักเรียนจะสามารถแสดงขั้นตอนการแก้สมการได้ แต่คำตอบที่ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน เพราะกำหนดสมการเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบผิดพลาด โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 13



ภาพประกอบที่ 13 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 3

จากภาพประกอบที่ 13 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถแสดงขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน โดยนักเรียนเขียนสมการเพื่อคำนวณหาอีเอ็มเอฟสมมูลและแสดงขั้นตอนการหาคำตอบได้ รวมทั้งคำตอบที่ได้มีความถูกต้อง แต่นักเรียนเขียนสมการเพื่อคำนวณหาความต้านทานภายในสมมูลไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังไม่ดำเนินการหาคำตอบให้เสร็จ จึงทำให้ไม่ทราบคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ยังขาดการระบุสรุปเหตุผลของคำตอบ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 14



ภาพประกอบที่ 14 ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ไม่ระบุสรุปเหตุผล ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ชุดที่ 3

จากภาพประกอบที่ 14 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแสดงวิธีตรวจสอบคำตอบได้ และแสดงวิธีทำเป็นขั้นตอน แต่ยังไม่ได้สรุปเหตุผลของคำตอบ

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน โดยจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปประเด็นได้ ดังนี้

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถแทนค่าลงในสมการและคำนวณหาคำตอบได้เพียงบางส่วน เพราะนักเรียนยังสับสนกับสมการที่ใช้ หรือจำสมการได้ผิด จึงทำให้แทนค่าปริมาณเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ครบถ้วน และเป็นผลให้คำตอบที่ได้มาถูกต้องเพียงบางส่วน ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูจำสมการได้ผิดครู ที่เขียนในข้อสอบมันคือสมการของการต่อแบบขนาน ถ้าเป็นการต่อแบบอนุกรม r_{total} มันจะต้องใช้อีกสมการมันจึงจะถูก”

(นักเรียนคนที่ 14, 9 มีนาคม 2564 : สัมภาษณ์)

“หนูจำได้แค่สมการที่ใช้หาอีเอ็มเอฟสมมูล เลยเขียนไปแค่นั้นค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 24, 9 มีนาคม 2564 : สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ พบว่า นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน เนื่องจากโจทย์ปัญหามีความแปลกใหม่ จึงทำให้เกิดความสับสนในการตรวจสอบวิธีการ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูเขียนทบทวนคำตอบอยู่นะคะ หนูพยายามเขียนในข้อที่หนูทำได้”

(นักเรียนคนที่ 14, 9 มีนาคม 2564 : สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า นักเรียนยังเกิดความรู้สึกสับสนกับสมการที่เลือกใช้เพื่อนำมาค้นหาคำตอบในโจทย์ปัญหา และเมื่อแทนค่าตัวแปรลงในสมการเสร็จแล้ว นักเรียนก็จะดำเนินการแก้สมการเพื่อหาคำตอบได้ แต่คำตอบที่ได้นั้นถูกต้องเพียงบางส่วน จึงเป็นผลให้ไม่สามารถแสดงวิธีการทบทวนคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และผลจากการวิเคราะห์บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้เป็นอย่างดี และทุก ๆ คนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในกิจกรรมทุกขั้นตอน นักเรียนสามารถบริหารจัดการเวลาได้อย่างเหมาะสม แต่ก็ยังมีนักเรียนบางคนที่ยังหยอกล้อ หรือเล่นกันในขณะที่เพื่อนทำกิจกรรม ซึ่งโดยในภาพรวมนั้นถือว่านักเรียนให้ความร่วมมือและให้ความสนใจในกิจกรรมเป็นอย่างดี และในส่วนของใบงานที่ให้นักเรียนทำท้ายแผน จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น สามารถจัดระเบียบความคิดของตนเองได้อย่างเป็นระบบ เขียนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน แต่เมื่อนักเรียนเจอโจทย์ปัญหาที่มีสองตัวแปร นักเรียนมักจะเกิดความสับสนในการตรวจสอบคำตอบ จึงทำให้ตรวจสอบคำตอบที่ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน

4. การสะท้อนผล (Reflection)

จากการประเมินผลข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป แสดงได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหา	แนวทางแก้ไข
1. นักเรียนสับสนกับสมการที่เลือกใช้เพื่อนำมาค้นหาคำตอบในโจทย์ปัญหา	1. ครูและนักเรียนสรุปเนื้อหาร่วมกัน และเน้นย้ำให้นักเรียนดูข้อสังเกตในแต่ละสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยการให้ไฮไลท์ข้อมูลที่สำคัญไว้
2. นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการทบทวนคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์	2. ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน และมีความใกล้เคียงกับในแบบทดสอบ จากนั้นอธิบายแสดงวิธีการทบทวนคำตอบให้นักเรียนศึกษาอีกครั้ง

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ซึ่งเห็นได้จากคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มดีขึ้นทุกวงรอบ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 24 คน โดยดำเนินการวิจัยตามรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็น จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า

วงจรปฏิบัติการที่ 1 หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 24.63 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 58.63 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

วงจรปฏิบัติการที่ 2 หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 31.21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.31 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

วงจรปฏิบัติการที่ 3 หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 37.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.89 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลเป็นวงจรปฏิบัติการได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 24.63 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 58.63 ของคะแนนทั้งหมด โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน ที่เป็นเช่นนี้เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นมีใบกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยฝึกให้นักเรียนนำความรู้จากทฤษฎี หลักการ ที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูผู้สอนกำหนด ซึ่งหากคำตอบผิดหรือมีข้อผิดพลาด นักเรียนสามารถย้อนกลับไปพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองได้ และมีแบบฝึกหัดให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาเป็นรายบุคคล ซึ่งครูมีการสะท้อนกลับเพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบข้อบกพร่องของตนเอง อีกทั้งกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ STAR มีการเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎี หลักการ ในเนื้อหาของบทเรียนด้วยความเข้าใจ และฝึกให้นำทฤษฎี หลักการดังกล่าวมาใช้แก้ปัญหา หรือสถานการณ์โจทย์ปัญหาต่าง ๆ (ทิศนา แขมมณี, 2562) โดยครูผู้สอนให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาและแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR จึงช่วยให้นักเรียนระลึกลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาได้ (Maccini and Ruhl, 2000) สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน อาจเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนอ่านโจทย์ปัญหายังไม่เข้าใจ จึงไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์และตีความในโจทย์ปัญหาได้ ทำให้ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบ เป็นผลให้ไม่สามารถนำกฎ ทฤษฎี และสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังขาดความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ที่จำเป็น เช่น การคูณ การหารจำนวนจริง และการย้ายข้างสมการ เป็นต้น จึงทำให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง และเป็นผลให้แก้โจทย์ปัญหาไม่ประสบผลสำเร็จ ซึ่งสุวร กาญจนมยูร (2533) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะแก้โจทย์ปัญหาได้จะต้องใช้องค์ประกอบหลายอย่าง เช่น องค์ประกอบเกี่ยวกับภาษา องค์ประกอบเกี่ยวกับความเข้าใจ องค์ประกอบเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ องค์ประกอบเกี่ยวกับการย่อความและสรุปความ และองค์ประกอบในการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และยังพบว่า

เมื่อครูผู้สอนไม่ได้กำหนดรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหามาให้ จะมีนักเรียนบางคนที่เขียนเฉพาะขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาไว้ เช่น ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ โดยไม่ได้เขียนระบุข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมลงไปเลย ซึ่งสาเหตุอาจมาจากตัวของนักเรียนเองที่ไม่เห็นความสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้น จึงทำให้ไม่ได้เขียนรายละเอียดของข้อมูลที่สำคัญในขั้นดังกล่าว อีกทั้งยังพบว่า มีนักเรียนบางคนที่แก้โจทย์ปัญหาข้ามขั้นตอน โดยไม่ได้เขียนข้อมูลในขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา และขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา แต่ข้ามไปเขียนรายละเอียดของข้อมูลในขั้นที่ 3 หาคำตอบเลย ถึงแม้ว่านักเรียนจะสามารถแสดงกระบวนการหาคำตอบได้ถูกต้องและได้คะแนนในส่วนนี้เต็ม แต่นักเรียนจะไม่ได้คะแนนในขั้นที่ 1 และ 2 เพราะไม่ได้ทำตามขั้นตอนที่กำหนด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความมั่นใจในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองเนื่องจากวิธีการหาคำตอบของนักเรียนก็สามารถหาคำตอบได้เช่นกัน จึงทำให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาข้ามขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ เมื่อนำปัญหาที่พบในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR พบว่า ขั้นที่มีปัญหามากที่สุด คือ ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ เนื่องจากนักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีการตรวจสอบคำตอบ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนยังไม่เข้าใจวิธีการตรวจสอบคำตอบ จึงไม่มีความมั่นใจและไม่กล้าที่จะตรวจสอบคำตอบของตนเอง ขั้นที่มีปัญหาเป็นอันดับสอง คือ ขั้นที่ 3 หาคำตอบ เนื่องจากนักเรียนเลือกใช้สมการได้ไม่เหมาะสมกับลักษณะของโจทย์ปัญหา จึงทำให้แทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ผิดพลาด ส่งผลให้แก้สมการเพื่อหาคำตอบได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่านักเรียนยังไม่เข้าใจเนื้อหาในบทเรียน ทำให้เกิดความสับสนเมื่อต้องเลือกสมการเพื่อนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา อีกทั้งยังขาดทักษะด้านการคิดคำนวณ ขั้นที่มีปัญหาเป็นอันดับสาม คือ ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนระบุข้อมูลสำคัญที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาได้ไม่ครบถ้วน หรือไม่ระบุข้อมูล ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากข้อมูลในโจทย์มีรายละเอียดเยอะเกินไป จึงทำให้นักเรียนไม่อยากเขียน และขั้นที่มีปัญหาน้อยที่สุด คือ ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่ยังไม่ครบถ้วน ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนไม่สามารถแปลความหมายของคำมีอยู่ในโจทย์ปัญหาและนำไปสู่สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ จึงเป็นผลให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้

วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 31.21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.31 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่เป็นเช่นนี้อาจมีผลเนื่องมาจากครูผู้สอนมีการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ชัดเจนขึ้น เพื่อให้นักเรียนทราบถึงบทบาทหน้าที่ของตนเองในการทำกิจกรรม มีการปรับสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมให้มีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของ

นักเรียนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาได้อย่างชัดเจน และมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งมีการนำสื่อสถานการณ์จำลองทางฟิสิกส์เข้ามาช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติศึกษาค้นคว้า เพื่อพิสูจน์หลักการ ทฤษฎี ที่ผู้อื่นค้นพบ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังมีการเสริมแรง โดยครูวางเงื่อนไขให้คะแนนพิเศษสำหรับคนที่ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกล้าคิดกล้าแสดงออก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Skinner ที่ Hergenhahn and Olson (1993) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนการให้การเสริมแรงหลังการตอบสนองที่เหมาะสมของผู้เรียนจะช่วยเพิ่มอัตราการตอบสนองที่เหมาะสมนั้นได้ อาทิเช่น ถ้านักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน ก็จะส่งผลให้ได้รับคะแนนพิเศษ จึงทำให้นักเรียนมีความกล้าคิดกล้าแสดงออกมากยิ่งขึ้น และมีการกำชับให้นักเรียนเห็นความสำคัญของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทุกขั้นตอน เพื่อช่วยเน้นย้ำให้นักเรียนสามารถควบคุมและตรวจสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับเมตาคอกนิชัน ที่พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) กล่าวว่า การที่บุคคลสามารถกำกับความคิด และประเมินความคิดของตนเองได้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ใช้ความรู้นั้นในการควบคุมหรือปรับการกระทำของตนเอง ซึ่งครอบคลุมในด้านการวางแผน ตรวจสอบความก้าวหน้าและประเมินผลได้ สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน อาจเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนไม่แปลงค่าของข้อมูลให้อยู่ในรูปหน่วยฐานก่อนที่จะนำมาคำนวณ ส่งผลให้คำตอบที่ได้เกิดความผิดพลาด อีกทั้งยังเกิดความสับสนกับความหมายของตัวแปร ทำให้แทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ผิดพลาด เป็นผลให้แก้สมการคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง เมื่อวิเคราะห์กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR พบว่า ในแต่ละขั้นตอนมีปัญหาลดลง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในขั้นที่ 2, 3 และ 4 โดยขั้นที่มีปัญหามากที่สุด คือ ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ เนื่องจากนักเรียนมีการแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ แต่ยังไม่ถูกต้อง และแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากนักเรียนขาดความรอบคอบ และขาดการระมัดระวังในการตรวจสอบคำตอบของตนเอง ขั้นที่มีปัญหามากเป็นอันดับสอง คือ ขั้นที่ 3 หาคำตอบ เนื่องจากนักเรียนแทนค่าตัวแปรลงในสมการได้ผิดพลาด จึงส่งผลให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนขาดความเข้าใจในความหมายของตัวแปร หรือขาดความรอบคอบในการแทนค่าตัวแปร จึงทำให้แทนค่าตัวแปรลงในสมการที่ตนเองเลือกใช้ได้ไม่ถูกต้อง ขั้นที่มีปัญหาน้อยที่สุด คือ ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนไม่แปลงหน่วยของข้อมูลสำคัญที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปหน่วยฐานทางฟิสิกส์ ทำให้ในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาขั้นต่อไปเกิดความผิดพลาด ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจเป็นเพราะนักเรียนไม่เขียนหน่วยกำกับข้อมูลไว้ ทำให้ลืมแปลงหน่วยก่อนที่จะนำตัวแปรไปแทนค่าลงในสมการ จึงเป็นผลให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้

วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 37.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.89 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน

22 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน ที่เป็นเช่นนี้อาจมีผลเนื่องมาจากการปรับกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูผู้สอนมีการเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทุกขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนคิดทบทวน ไตร่ตรอง ในกระบวนการคิดของตนเอง มีการวางแผน และเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ หรือสมการต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม เพื่อที่จะนำมาใช้แก้โจทย์ปัญหา และสามารถตรวจสอบวิธีในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของวูลโฟลค ที่จรุง ขำพงศ์ (2542) กล่าวว่า การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการตระหนักให้รู้ในตัวเองว่าจะต้องใช้กลวิธี และแหล่งข้อมูลอะไรบ้างที่จำเป็นต่อการทำงานให้มีประสิทธิภาพ และจะต้องทำอะไร ซึ่งจะเป็นเรื่องที่บุคคลรู้ในสิ่งที่ตนเองคิด และครูยังมีแบบฝึกหัดเสริมให้นักเรียนฝึกทำด้วยตนเองที่บ้าน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง และแม่นยำขึ้น อีกทั้งอาจเกิดจากการที่นักเรียนได้รับการฝึกแก้ปัญหาและแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ จึงเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR เป็นผลให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และมีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน อาจเป็นผลมาจากนักเรียนขาดความกระตือรือร้น ขาดแรงจูงใจในการเรียน ขาดการฝึกแก้โจทย์ปัญหาและทบทวนบทเรียนตามที่ครูมอบหมาย ทำให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว เมื่อวิเคราะห์กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR พบว่า ในแต่ละขั้นตอนมีปัญหาลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งขั้นตอนที่ยังมีปัญหา คือ ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา เนื่องจากลักษณะโจทย์เป็นการหาคำตอบสองตัวแปร ทำให้นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้ครบถ้วน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับโจทย์ลักษณะนี้มาก่อน และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ เป็นขั้นที่มีปัญหามากที่สุด เนื่องจากนักเรียนยังมีพฤติกรรมเช่นเดิม คือ สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ จึงเป็นผลให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน 2 คน ทั้ง 3 วงจรจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนคนที่ 1 มีคะแนนเป็นร้อยละเท่ากับ 28.57, 47.62 และ 69.05 ตามลำดับ และนักเรียนคนที่ 2 มีคะแนนเป็นร้อยละเท่ากับ 33.33, 38.10 และ 57.14 ตามลำดับ ซึ่งจากคะแนนดังกล่าวจะเห็นได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ดีขึ้น และจากการดำเนินการวิจัย 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า มีนักเรียนบางคนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน แต่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาบางช่วงที่ลดลง เช่น นักเรียนคนที่ 8 มีคะแนนเป็น 34, 33 และ 35 ตามลำดับ และนักเรียนคนที่ 19 มีคะแนนเป็น 33, 32 และ 39 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 42 คะแนน ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนลดลงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพียงเล็กน้อย เนื่องจากแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่เลือกใช้ผิด โดยแทนค่าตัวแปรสลับที่กัน ดังนั้นครูผู้สอนจึงหักคะแนนในส่วนนี้ไป ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความผิดพลาดในการแทนค่าตัวแปรลงในสมการ

อีกทั้งยังพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ยังไม่เกิดการพัฒนาที่ชัดเจน เพราะนักเรียนยังไม่เห็นความสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นของกลวิธี STAR ครูผู้สอนจึงได้หาวิธีการเพื่อมาช่วยแก้ปัญหาให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเป็นลำดับขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนเริ่มชัดเจนขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถแสดงศักยภาพของตนเองในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจนมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากครูผู้สอนปรับกิจกรรมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทุกขั้นตอน เช่น การเตือนให้นักเรียนเอาใจใส่ในการแปลงหน่วยของสัญลักษณ์ให้อยู่ในรูปของหน่วยฐานก่อนนำไปคำนวณ การใส่หน่วยกำกับคำตอบ และการตรวจสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง เป็นต้น เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น จึงเป็นผลให้คะแนนในวงรอบที่ 3 สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจทางทฤษฎี หลักการของบทเรียน สามารถช่วยให้นักเรียนคิดแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้องชัดเจน รวมทั้งยังฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบความคิดของตัวเองได้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR มาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เพราะสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ มีความแม่นยำในเนื้อหา เพราะจะได้นำทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องไปใช้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลาย ซึ่งจะสามารถส่งเสริมทักษะของผู้เรียนได้ (ทิศนา แขมมณี, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาจรีย์ เยาดำ (2552) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” โดยการใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสวัสดิ์รัตนาภิมุข จังหวัดตรัง ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการศึกษาโจทย์ปัญหา ด้านการแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์ ด้านการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา และด้านการทบทวนคำตอบ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐฐินี โทนุสิทธิ์ (2556) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง “การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” โดยการใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพระอินทร์ศึกษา (กล่อมสกุลอุทิศ) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการใช้กลวิธี STAR และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนพร บูรณะพล (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 44.83 วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 82.76 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 93.10

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ครูผู้สอนควรอธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้ชัดเจนพร้อมทั้งยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง

1.2 ควรมีการนำสื่อที่หลากหลายมาใช้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่เป็นนามธรรมให้อยู่ในรูปที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

1.3 ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาควรที่จะให้รายละเอียดของข้อมูลมาให้ครบทั้งหมด เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการใช้สมการเพื่อดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา

1.4 ควรมีวิธีการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรจะหาวิธีการที่หลากหลายมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนในแต่ละวงรอบ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 ควรจะพัฒนาการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของกลวิธี STAR โดยเฉพาะขั้นหาคำตอบ และขั้นทบทวนคำตอบ ด้วยการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ ที่จะมาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *การประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment)*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2541). *รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กรณีศึกษา สำหรับครูมัธยมศึกษา.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2562). การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 13(2), 7-21.

จรุง ขำพงศ์. (2542). *ผลของการใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2548). *เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย*. กรุงเทพฯ: หลักพิมพ์.

ชาตรี เกิดธรรม. (2547). *เทคนิคการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ณยศ สงวนสิน. (2547). *การสร้างชุดกิจกรรมปฏิบัติการคณิตศาสตร์โดยเทคนิคการสอนแบบอุปนัย-นิรนัย เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษามัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

ณัฐฐินี โทนุสิทธิ์. (2556). *การศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง "การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว" โดยการใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพระอินทร์ศึกษา (กล่อมสกุลอุทิศ) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตะวัน พันธ์ขาว. (2557). *การพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย ราชภัฏอุบลราชธานี.

เตชทัต เรืองธรรม. (2559). SHW การเขียนทางวิทยาศาสตร์. *นิตยสาร สสวท*, 45(203), 7-13.

ทวี สระน้ำคำ. (2551). *ผลของวิธีสอนแบบนิรนัยและวิธีสอนแบบอุปนัยที่มีแบบฝึกหลังเรียนต่างกัน โดยใช้บทเรียนบนเว็บในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อการคิดวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวีป ศิริรัศมี. (2537). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *ข่าวสารวิจัยการศึกษา,* 17(6), 9-21.

ทิพย์วรรณ สุขใจรุ่งวัฒนา. (2553). การศึกษาปัจจัยที่สงผลต่อพฤติกรรมการเรียนที่ดีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน จังหวัดนครปฐม. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย*, 1(2), 126-139.

ทิศนา แขมมณี. (2562). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนชาติ ถนอมกุลบุตร. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง "การแปรผัน" โดยใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนเดช เกียรติมงคล. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดศรัทธาธรรม ที่ได้รับการสอนกระบวนแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya) กับวิธีการสอนตามคู่มือครู.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

ธราเนาว์ สัตยพานิช. (2548). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนช่วงชั้นที่ 3 ในสาระเศรษฐศาสตร์ โรงเรียนไชยปราการ เขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 3.* การค้นคว้าแบบอิสระศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภดล แก้วเรือง. (2550). *ผลการใช้รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาร่วมกับเทคนิคการเรียนแบบร่วมมือ(Co-op-Co) ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ.

นิภาพร ช่วยธานี. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง จลนศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้เมตาคอกนิชัน สำหรับนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง.* ตรัง: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2535). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

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

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. (2547). *การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่).* กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปาจรีย์ เยาดำ. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยการใช้กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิจิตร ยังดำ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 ของนักเรียนระดับชั้น ปวส.1 สาขาวิชาก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง (รายงานการวิจัยในชั้นเรียน).* นครศรีธรรมราช: วิทยาเทคนิคทุ่งสง.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *เมตาคอกนิชัน (Metacognition) ในวิทยาการด้านการคิด*. เดอะ มาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.

มาศสิริ เหมือนแพร. (2562). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 17(2), 11-15.

ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานันท์ (2542). *เทคนิคการแก้ปัญหาและตัดสินใจ*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปร์เน็ท.

รัตนพร บูรณะพล. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 15(1), 123-135.

โรงเรียนสตรีศึกษา. (2562). *รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. ร้อยเอ็ด.

โรงเรียนสตรีศึกษา. (2562). *หลักสูตรสถานศึกษา*. ร้อยเอ็ด.

ลักษณา ศิริมาลา. (2553). *ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2543). *การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ.

ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์. (2538). *นักวางแผนวิจัยปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). *ค่าสถิติพื้นฐานผลคะแนนการสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2563 จำแนกตามวิชา.* [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.niets.or.th/th/catalog/view/247

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *เอกสารประกอบหลักสูตรการเรียนรู้ คู่มือประกอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (1st ed.)*. กรุงเทพฯ: เอกสารประกอบหลักสูตรการเรียนรู้ คู่มือประกอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018 : นักเรียนไทยวัย 15 ปี รู้และทำอะไรได้บ้าง*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://pisathailand.ipst.ac.th

สมทรง สุวพานิช. (2549). *โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ : ทฤษฎีและการปฏิบัติ*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กาฬสินธิ์: ประสานการพิมพ์.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2555). *พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

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

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2551). *กลยุทธการสอนคิดเชิงมโนทัศน์.* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิมล เขี้ยวแก้ว. (2540). *สาระร่วมสมัยทางวิทยาศาสตร์*. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โสมภิลัย สุวรรณ์. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไสว ฟักขาว. (2544). *หลักการสอนสำหรับการเป็นครูมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอมพันธ์.

หน่วยศึกษานิเทศก์. (2545). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนนี้เป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สามลดา.

อนุโณทัย คำเครื่อง. (2545). *ความฉลาดทางอารมณ์กับพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านท่ามะแกง อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่.* การค้นคว้าแบบอิสระ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อังคณา อุทัยรัตน์. (2555). *ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของ*

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัมพร ชัยฤทธิ์. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อัมพร ม้าคนอง. (2554). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อการ.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดมสิน อนุมาตย์. (2553). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบนิรนัย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Adams, S., Ellis, L., & Beeson, B. F. (1977). Teaching mathematics: With emphasis on the diagnostic approach. HarperCollins Publishers. algebra performance of secondary students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice,* 15(1), 10-21.

Baroody, Arthur J. (1993). *Problem Solving, Reasoning and Communicating, K-8. Help Children Think Mathematically*. New York, NY: Macmillan.

Belikov, B. S. (1989). *General methods for solving physics problems*. Mir Publishers.

Bibih, H., Euis E.R., & Bambang A. (2018). Application of Inductive – Dedective approach to improve the ability of Mathematical communication and self efficacy of junior high school student. *Journal of Innovative Mathematics Learning.*

Brown, W. F., & Holtzman, W. H. (1965). *Survey of study habits and attitutes*.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.

Charles, R.I. and 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.

Constant, F.W. (1967). *Fundamental Principle of Physics*. Massachusets: Addison Wesley Publishing Company.

Cranston, C. M., & McCort, B. (1985). A learner analysis experiment: Cognitive style versus learning style in undergraduate nursing education. *Journal of Nursing Education*, 24(4), 136-138.

Dewey, John. (1976). *Moral Principle in Education*. MA: Houghton Miff in.

Eggen, Pual D., Donald P. Kauchak and Robert J. Harder. (1979). *Strategies for Teacher Information Processing Models in the Classroom*. New Jersey: Englewood Cliffs Prentice – Hill.

Ellis, E. S. and B. K. Lenz. (1996). *Teaching Adolescents with Learning Disabilities*. 2nd ed. Denver, CO: Love Publishing Co.

Gagnon, J.C., & KreZmien, M. (2011). *Effective instructional strategies for correctional education programs*. Retrieved from: http://www.edjj.org/conf/cdEdJJ%20 Confere%20(D)/Effecttive%20Instruction.ppt.

Gulacar, O., Bowman, C. R., & Feakes, D. A. (2013). Observational Investigation of Student Problem Solving: The Role and Importance of Habits. *Science Education International*, 24(2), 344-360.

Heller and Holabaugh. (1992). *The competent problem for solver for introductory physics*. New York: Primis Coustom Publishing.

Herganhahn, B.R. and and Olson, M. (1993). *An introduction to theories of learning* 4^{th} *ed*. United States: Prentice Hall.

Hestenes, H. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454.

Hinton, V., Strozier, S.D., & Flores, M.M. (2014). Building mathematical fluency for students with disabilities or students at-risk for mathematics failure. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology,* 2(4), 257-265.

Johnson, A. P. (2008). *A Short Guide to Action Research*. 3rd ed. Boston: Pearson Education.

Kemmis, S & Mc Taggart, R. (1988). *The Action Research Planer*. 3rd ed. Victoria: Deakib University.

Konold, K. B. (2004). *Using the concrete-representational-abstract teaching sequence to increase algebra problem-solving skills.* Unpublished doctoral dissertation, University of Nevada, Las Vegas.

Krulik, S. and Jesse A. Rudnick. (1996). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School.* Boston: Allyn and Bacon.

Lamsdaine, E. and M. Lamsdaine. (1995). *Creative Problem Solving*. New York: McGraw-Hill.

Larkin, J.H. and Brackett, G.C. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *American Journal of Physics*, 44(3), 212-217.

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

Maccini, P. and Gagnon, J. (2006). *Mathematics Strategy Instruction (SI) for Middle School Students with Learning Disabilities*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/237452177_Mathematics_Strategy_Instruction_SI_for_Middle_School_Students_with_Learning_Disabilities.

Maccini, P. and K. L. Ruhl. (2000). Effects of a graduated instructional sequence on the algebraic subtraction of integers by secondary students with learning disabilities*. Education and Treatment of Children*, 23(4), 465-489.

Maccini, P., & Gagnon, J. (2011). *Mathematics strategy instruction (SI) for middle school students with learning disabilities.* Retrieved from: http://www.k8accesscenter.org/training_resources/massini.asp.

Maccini, P., & Hughes, C. A. (2000). *Effects of a problem-solving strategy on the introductory.*

Martinez, M. V., & Pedemonte, B. (2014). Relationship between inductive arithmetic argumentation and deductive algebraic proof. *Educational Studies in Mathematics,* 86(1), 125–149.

Mcgriff, J.S., et al. (2000). *A Problem Solving Assessment Instrument*. Retrieved from: http://www.personol.psu.edu/faculty/s/j/sjm256/portfolio/kbase/Research&Evaluation/ProblemSolving.pdf.

Nagel D. R., Schumaker J. B., & Deshler D. D. (1986). *FIRST-Letter Mnemonic Strategy*. Retrieved from: https://sim.drupal.ku.edu/sites/sim.ku.edu/files/files/Research/FIRST. pdf.

Oas, B. K., J. B. Schumaker, and D. D. Deshler. (2006). *Learning Strategies : Tools for Learning to Learn in Middle and High Schools*. Retrieved from: http://www.cals.ncsu.edu :8050/agexed/leap/aee535/learn.html.

Peltier, C., & Vannest, K.J. (2016). Utilizing the STAR strategy to improve the mathematical problem-solving abilities of students with emotional and behavioral disorders. *Beyond Behavio*r, 25(1), 9-15.

Polya, G. (2004). *How to Solve : A New Aspect of Mathematical Method*. New York: Princeton University Press.

Redish, E. F. (2003). Implication of Cognitive Studies for Teaching Physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 135.

Wilczenski, F. L. (2001). Observing collaborative problem-solving processes and outcomes*. Psychology in the Schools*, 38(3), 269-281.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแส **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง **ภาคเรียนที่ 2/2563**

ผู้สอน นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม

---

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. สาระสำคัญ

กระแสไฟฟ้า เกิดขึ้นจากการการถ่ายโอนของประจุไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่หรือไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า และความสัมพันธ์ของจำนวนอิเล็กตรอน (n) กับปริมาณประจุ (Q) เมื่ออิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ (e) จะได้ว่า $Q = ne$

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (k)

1. นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ และงานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระการเรียนรู้

- กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

5. กิจกรรม / กระบวนการจัดการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR

ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตของปัญหา

1.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มอย่างอิสระ กลุ่มละ 5 คน เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของนักเรียนและเพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ

1.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

1.3 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยยกตัวอย่างสถานการณ์จากใบกิจกรรมให้นักเรียนดู โดยฉายผ่านโปรเจกเตอร์ ดังนี้

- วิศวกรไฟฟ้าท่านหนึ่งต้องการออกแบบสายไฟฟ้าในบ้านให้สามารถทนกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ 16 แอมแปร์ และมีจำนวนอิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนผ่านพื้นที่หน้าตัดของสายไฟได้เท่ากับ 3×10^{20} อนุภาค เขาจึงทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของสายไฟที่เหมาะสมกับความต้องการของตนเอง ซึ่งพบว่า ขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร เป็นขนาดที่มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อสร้างเสร็จเขาจึงนำไปทดลองใช้งาน ปรากฏว่า สามารถใช้งานได้และจ่ายไฟได้ดี ถ้าเขาอยากรู้ว่าประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสายไฟเส้นนี้มีเท่าไร เขาจะต้องทำอย่างไร

1.4 นักเรียนอ่านทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา จากนั้นครูถามนักเรียนว่าจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้นี้ โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร

1.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันอภิปรายถึงสถานการณ์และประเด็นคำถามที่ครูได้ถามไว้ภายในกลุ่มของตนเอง จากนั้นให้เขียนบันทึกลงในส่วนที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (S) ในใบกิจกรรมที่ 1.1 และกระดาษโน๊ตที่ครูแจกให้

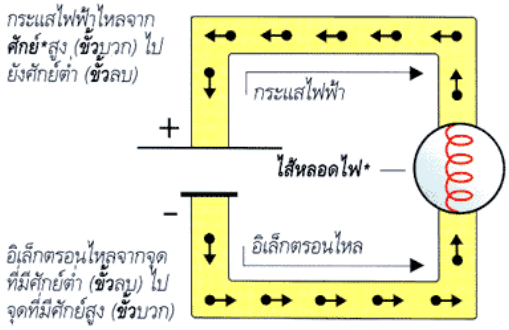
1.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำกระดาษโน๊ตมาปิดไว้บนกระดานในสัญลักษณ์ S ที่ครูกำหนดไว้

1.7 ครูตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ปิดไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 2 แสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ

2.1 ครูสอนเนื้อหา เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ดังนี้

“กระแสไฟฟ้า เกิดขึ้นจากการถ่ายโอนของประจุไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่หรือไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า มีทิศตามการเคลื่อนที่ของประจุบวก หรือทิศตรงข้ามของการเคลื่อนที่ของประจุลบ ส่วนอิเล็กตรอนจะไหลจากจุดที่มีศักย์ต่ำไปยังจุดที่มีศักย์สูง ดังรูป



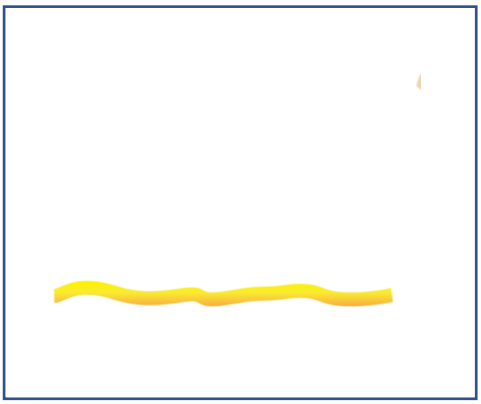
และความสัมพันธ์ของจำนวนอิเล็กตรอน (n) กับปริมาณประจุ (Q) เมื่ออิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ (e) จะได้ว่า $Q = ne$

เมื่อ Q แทน ขนาดประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

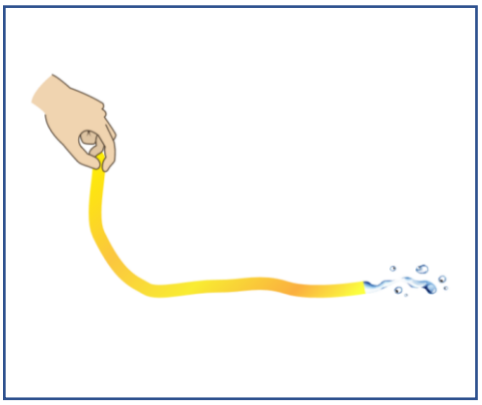
n แทน จำนวนอนุภาคประจุไฟฟ้า (อิเล็กตรอนหรือโปรตอน) (ตัว , อนุภาค)

e แทน ขนาดของประจุอิเล็กตรอน 1 อนุภาค หรือขนาดของประจุโปรตอน 1 อนุภาค เท่ากับ $1.6\times10^{-19}C$ ”

2.2 ครูยกตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม เช่น การไหลของน้ำในสายยางที่มีน้ำอยู่เต็มตลอดสาย เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การอธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจากตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ดังนี้



ก. สายยางที่มีปลายเสมอกัน น้ำจะไม่ไหลออกจากสายยาง



ข. สายยางที่มีปลายด้านหนึ่งยกสูงขึ้น ทำให้มีน้ำไหลออกที่ปลายอีกด้าน

จากรูปในสายยางที่มีน้ำอยู่เต็มและระดับปลายสายเสมอกัน ดังรูป ก. น้ำจะไม่ไหล เปรียบได้กับจุด 2 จุดของตัวนำที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่มีความต่างศักย์ จึงไม่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า นั่นคือไม่มีกระแสไฟฟ้า แต่ถ้ามีการยกปลายสายยางด้านหนึ่งให้ยกสูงขึ้น ทำให้ปลายทั้งสองมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่างกัน ดังรูป ข. น้ำจะไหลจากปลายด้านที่มีพลังงานศักย์สูงกว่าไปยัง

ปลายที่มีพลังงานศักย์ต่ำกว่า เปรียบได้กับปลายของตัวนำที่ถูกทำให้มีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน หรือมีความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสอง

ขั้นที่ 3 ใช้ทฤษฎี หลักการ

3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำทฤษฎี หลักการที่ได้เรียนรู้จากครูมาใช้ในการหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูให้ไว้ในขั้นแรก โดยครูตั้งคำถามดังนี้

3.1.1 จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ นักเรียนคิดว่ามีความเกี่ยวข้องกับทฤษฎี หรือหลักการทางฟิสิกส์เรื่องใด

3.1.2 จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ นักเรียนจะสามารถแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ทางฟิสิกส์ได้หรือไม่ และแปลงได้อย่างไรบ้าง

3.1.3 นักเรียนจะสามารถหาคำตอบในสถานการณ์ได้อย่างไร

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดวิเคราะห์ และอภิปรายถึงแนวทางที่จะใช้ในการแก้ปัญหาภายในกลุ่มของตนเอง จากนั้นเขียนบันทึกลงในส่วนที่ 2 การแปลงข้อมูลอยู่ในโจทย์ (T) พร้อมกับเขียนแสดงวิธีการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาให้ละเอียด โดยบันทึกลงในส่วนที่ 3 การหาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A) ในใบกิจกรรมที่ 1.1 และกระดาษโน๊ตที่ครูแจกให้

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำกระดาษโน๊ตมาปิดไว้บนกระดานในสัญลักษณ์ T และ A ที่ครูกำหนดไว้

3.4 ครูตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ปิดไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบและสรุป

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบทฤษฎี หรือหลักการที่ใช้ และคำตอบที่กลุ่มตนเองได้ ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน อินเทอร์เน็ต หรืออาจปรึกษาครูผู้สอน จากนั้นเขียนระบุลงในส่วนที่ 4 การทบทวนคำตอบ (R) และกระดาษโน้ตที่ครูแจกให้

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำกระดาษโน๊ตมาปิดไว้บนกระดาษในสัญลักษณ์ R จากนั้นครูตรวจสอบแนวคิดของแต่ละกลุ่มบนกระดานอีกครั้ง

4.3 ครูอธิบายว่าในกรณีที่คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง สมเหตุสมผล แสดงว่าวิธีการแก้ปัญหาอาจจะผิดหรือเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณ นักเรียนจะต้องย้อนกลับไปพิจารณาวิธีการแก้ปัญหานั้นอีกครั้ง

4.4 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 3 กลุ่ม ออกมานำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ของกลุ่มตนเองด้วยกลวิธี STAR ทั้ง 4 ขั้นตอน โดยนำใบกิจกรรมฉายผ่านโปรเจกเตอร์

4.5 นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของกลุ่มที่นำเสนอ รวมทั้งให้เปรียบเทียบของกลุ่มตนเองว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

4.6 นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ลงในสมุดจดของตนเอง

ขั้นที่ 5 ฝึกปฏิบัติ

5.1 นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เป็นรายบุคคล

5.2 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัด โดยครูสุ่มเลขที่นักเรียนให้ออกมาเฉลยแบบฝึกหัดร่วมกัน

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
ด้านความรู้ (k) 1. นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้	แบบฝึกหัดที่ 1	นักเรียนได้คะแนนตอนที่ 1 ของแบบฝึกหัด ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าได้	แบบฝึกหัดที่ 1	นักเรียนได้คะแนนตอนที่ 2 ของแบบฝึกหัด ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนได้คะแนนจากแบบสังเกต ร้อยละ 70 ขึ้นไป

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

2. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. สื่ออินเทอร์เน็ต

8. เอกสารอ้างอิง

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

1) ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม)

ครูผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

สมาชิกกลุ่มที่.....

1..... เลขที่.....

2..... เลขที่.....

3..... เลขที่.....

4..... เลขที่.....

5..... เลขที่.....

สถานการณ์

วิศวกรไฟฟ้าท่านหนึ่งต้องการออกแบบสายไฟฟ้าในบ้าน ให้สามารถทนกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ 16 แอมแปร์ และมีจำนวนอิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนผ่านพื้นที่หน้าตัดของสายไฟได้เท่ากับ 3×10^{20} อนุภาค เขาจึงทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของสายไฟที่เหมาะสมกับความต้องการของตนเอง ซึ่งพบว่า ขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร เป็นขนาดที่มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อสร้างเสร็จเขาจึงนำไปทดลองใช้งาน ปรากฏว่า สามารถใช้งานได้ และจ่ายไฟได้ดี ถ้าเขาอยากรู้ว่าประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสายไฟเส้นนี้มีเท่าไร เขาจะต้องทำอย่างไร

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องระบุ และอธิบายคำสำคัญในโจทย์โจทย์ปัญหา)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T) (นักเรียนต้องแปลงคำสำคัญในโจทย์ปัญหาไปเป็นรูปภาพ หรือสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ (T)

2.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)

3.1 สมการที่ใช้ คือ

.....

3.2 แทนค่าตัวแปรในสมการ

.....

3.3 แสดงวิธีการคำนวณแก้โจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4 ตอบ..... หน่วย.....

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

<u>ตอนที่ 1</u>

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

1. จงอธิบายลักษณะและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายลักษณะและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน

.....

.....

.....

.....

<u>ตอนที่ 2</u>

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. วัตถุหนึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนไป 500 ตัว แสดงว่าวัตถุนี้มีประจุไฟฟ้าชนิดใด และมีขนาดกี่คูลอมบ์

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องระบุ และอธิบายคำสำคัญในโจทย์โจทย์ปัญหา)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T) (นักเรียนต้องแปลงคำสำคัญในโจทย์ปัญหาไปเป็นรูปภาพ หรือสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ (T)

2.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)

3.1 สมการที่ใช้ คือ

.....

3.2 แทนค่าตัวแปรในสมการ

.....

3.3 แสดงวิธีการคำนวณแก้โจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4 ตอบ..... หน่วย.....

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุ A มีประจุ -4.8×10^{-3} ไมโครคูลอมบ์ แสดงว่า วัตถุ A มีการรับอิเล็กตรอนหรือ ให้โปรตอนไปกี่อนุภาค

ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องระบุ และอธิบายคำสำคัญในโจทย์โจทย์ปัญหา)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T) (นักเรียนต้องแปลงคำสำคัญในโจทย์ปัญหาไปเป็นรูปภาพ หรือสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ (T)

2.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)

3.1 สมการที่ใช้ คือ

.....

3.2 แทนค่าตัวแปรในสมการ

.....

3.3 แสดงวิธีการคำนวณแก้โจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4 ตอบ..... หน่วย.....

ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินแบบฝึกหัด (ด้านความรู้)
เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

คำชี้แจง : ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คำตอบข้อที่ 1 กระแสไฟฟ้า						คำตอบข้อที่ 2 กระแสอิเล็กตรอน						รวม (8 คะแนน)	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
		การอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่			การอธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่			การอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่			การอธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่				
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0		

เกณฑ์การประเมิน

คำตอบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่	อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแสอิเล็กตรอน) ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแสอิเล็กตรอน) ได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น	ไม่เขียนอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแส อิเล็กตรอน) เลย
2. การอธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่	อธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแสอิเล็กตรอน) ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	อธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแสอิเล็กตรอน) ได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น	ไม่เขียนอธิบายทิศทางในการเคลื่อนที่ของ (กระแสไฟฟ้า/กระแสอิเล็กตรอน) เลย

แบบประเมินทักษะ

เรื่อง กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ข้อที่ (14 คะแนน)	ข้อที่ (14 คะแนน)	รวม (28 คะแนน)	เทียบเกณฑ์ ร้อยละ 70

เกณฑ์ประเมินด้านทักษะ/กระบวนการคำนวณ

ขั้นประเมิน		เกณฑ์การประเมิน		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (S)		บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วนทั้งหมด	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (T)		สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หรือรูปภาพได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)	3.1 ด้านการกำหนดสมการที่ใช้	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
	3.2 ด้านการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้
	3.3 ด้านกระบวนการในการคำนวณ	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และละเอียด	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ละเอียด	ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้

เกณฑ์ประเมินด้านทักษะ/กระบวนการคำนวณ (ต่อ)

ขั้นประเมิน		เกณฑ์การประเมิน		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
	3.4 ด้านคำตอบ	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้
ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)		สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล	สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังขาดความสมเหตุสมผล	ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ประเด็นการประเมิน						คะแนนรวม
		ทำงานที่ได้รับมอบหมาย			ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม			
		2	1	0	2	1	0	

เกณฑ์การประเมิน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ทำงานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเมื่อครูสั่ง	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเมื่อครูเตือน	ไม่ทำงานที่สั่งเลย
ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม	ตั้งใจทำกิจกรรมทันทีที่ครูบอก	ทำกิจกรรมเมื่อครูเตือนหลาย ๆ ครั้ง	ไม่สนใจในกิจกรรมที่ให้ทำเลย

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

เรื่อง กระแสไฟฟ้า วงจรปฏิบัติการที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฉบับนี้ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 14 คะแนน ให้นักเรียนแสดงวิธีทำลงในกระดาษให้ละเอียด (ใช้เวลา 45 นาที)

---

1. ถ้าจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดเส้นลวดตัวนำหนึ่งเท่ากับ 5×10^{20} อนุภาค ภายในเวลา 2 วินาที จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สมาร์ทโฟนรุ่นหนึ่งสามารถใช้งานติดต่อกันได้เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ในช่วงเวลาดังกล่าว สมาร์ทโฟนเครื่องนี้มีจำนวนประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน 4000 คูลอมบ์ จงหากระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

3. ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 5 ตารางมิลลิเมตร มีอิเล็กตรอน 1×10^{28} อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน 1 มิลลิเมตร/วินาที จงหากระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์ที่ไหลในเส้นลวดนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นประเมิน		เกณฑ์การประเมิน		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (S)		บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วนทั้งหมด	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (T)		สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ หรือรูปภาพได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแปลงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์หรือรูปภาพได้
ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)	3.1 ด้านการกำหนดสมการที่ใช้	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้
	3.2 ด้านการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่นำมาใช้ได้
	3.3 ด้านกระบวนการในการคำนวณ	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และละเอียด	สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ละเอียด	ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการคำนวณหาคำตอบได้

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (ต่อ)

ขั้นประเมิน		เกณฑ์การประเมิน		
		2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
	3.4 ด้านคำตอบ	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้เพียงบางส่วน	ไม่สามารถระบุคำตอบและหน่วยทางฟิสิกส์ได้
ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)		สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล	สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังขาดความสมเหตุสมผล	ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

วงจรปฏิบัติการที่..... เรื่อง..... วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคำถาม

1. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน

1.1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้

2.1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบของการเรียนการสอน

3. ด้านปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแก้โจทย์ปัญหาโดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ด้วยขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธี STAR

3.1 นักเรียนมีปัญหาในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นดังต่อไปนี้หรือไม่อย่างไร

3.1.1 ขั้นที่ 1 ศึกษาโจทย์ปัญหา (S)

3.1.2 ขั้นที่ 2 แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหา (T)

3.1.3 ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (A)

3.1.4 ขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (R)

ภาคผนวก ค
การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 21 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3
1. สาระการเรียนรู้			
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.8	5
1.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.6	4.6	4.8
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	4.6	4.4	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.4	4.4	4.6
2.3 สามารถใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียนได้จริง	4.4	4.4	4.2
3. เนื้อหา			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.6	4.4
3.2 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.6	4.4	4.6
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.6	4.4	4.4
4.2 กิจกรรมของแผนเร้าความสนใจได้ดี	4.4	4.4	4.2
4.3 เวลาในการลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.4	4.6	4.6
4.4 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4.4	4.6	4.6
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.6	4.6	4.6
5.2 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4.8	4.4	4.4
6. ด้านการวัดและประเมินผล			
6.1 สามารถวัดได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียน	4.4	4.4	4.2
6.2 การวัดที่ระบุความสามารถประเมินได้	4.6	4.2	4.2
6.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์	4.6	4.4	4.4
เฉลี่ยรวม	4.54	4.48	4.49
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 22 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน		
	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6
1. สาระการเรียนรู้			
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4.8	5
1.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	5	4.8	4.8
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	4.6	4.4	4.4
2.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.6	4.8	4.8
2.3 สามารถใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียนได้จริง	4.4	4.8	4.4
3. เนื้อหา			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.2	4.4	4.4
3.2 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	4.4	4.2
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.4	4.4	4.4
4.2 กิจกรรมของแผนเร้าความสนใจได้ดี	4.6	4.2	4.2
4.3 เวลาในการลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.2	4.6	4.6
4.4 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4.6	4.6	4.6
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.4	4.4	4.6
5.2 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	5	4	4
6. ด้านการวัดและประเมินผล			
6.1 สามารถวัดได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียน	4.6	4.6	4.2
6.2 การวัดที่ระบุความสามารถประเมินได้	4.2	4.2	4.4
6.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์	4.4	4.6	4.4
เฉลี่ยรวม	4.58	4.50	4.46
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 23 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของวงจรปฏิบัติการที่ 3

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน		
	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9
1. สาระการเรียนรู้			
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5
1.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	5	5	5
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	4	4	4.4
2.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4	4.4	4.2
2.3 สามารถใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียนได้จริง	4.4	5	5
3. เนื้อหา			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.4	4.2	4.4
3.2 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4	4.2	4.4
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4.8	5
4.2 กิจกรรมของแผนเร้าความสนใจได้ดี	4.2	4	4
4.3 เวลาในการลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4.8	4.6
4.4 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4.4	4	4.2
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.6	5	4.8
5.2 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4.4	4	4
6. ด้านการวัดและประเมินผล			
6.1 สามารถวัดได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียน	4.4	4.4	5
6.2 การวัดที่ระบุความสามารถประเมินได้	4.4	4.4	4
6.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์	4.4	4.4	4
เฉลี่ยรวม	4.48	4.48	4.50
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมาก

ภาคผนวก ง
ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 24 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	(IOC)	ผลการวิเคราะห์
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 25 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	(IOC)	ผลการวิเคราะห์
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	5	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 26 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	(IOC)	ผลการวิเคราะห์
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 27 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ประเด็นที่ต้องการทราบ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	(IOC)	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ภาคผนวก จ
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว106 วันที่ 13 มกราคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน

ด้วย นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว166 วันที่ 21 มกราคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว106

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 มกราคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวรินทร์ เศรษฐากา

ด้วย นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0933451167

ที่ อว 0605.5(2)/ว106

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 มกราคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางกิตติมา ธรรมราษฎร์

ด้วย นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0933451167

ที่ อว 0605.5(2)/ว106

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 มกราคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวอมรรัตน์ กรมรินทร์

ด้วย นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. กันอารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0933451167

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพัชรฎา พลเยี่ยม
วันเกิด	วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1 หมู่ที่ 7 ตำบลสระนกแก้ว อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด 45110
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด
	พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด
	พ.ศ. 2561 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	พ.ศ. 2564 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม