



การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการ
เรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

วิทยานิพนธ์

ของ

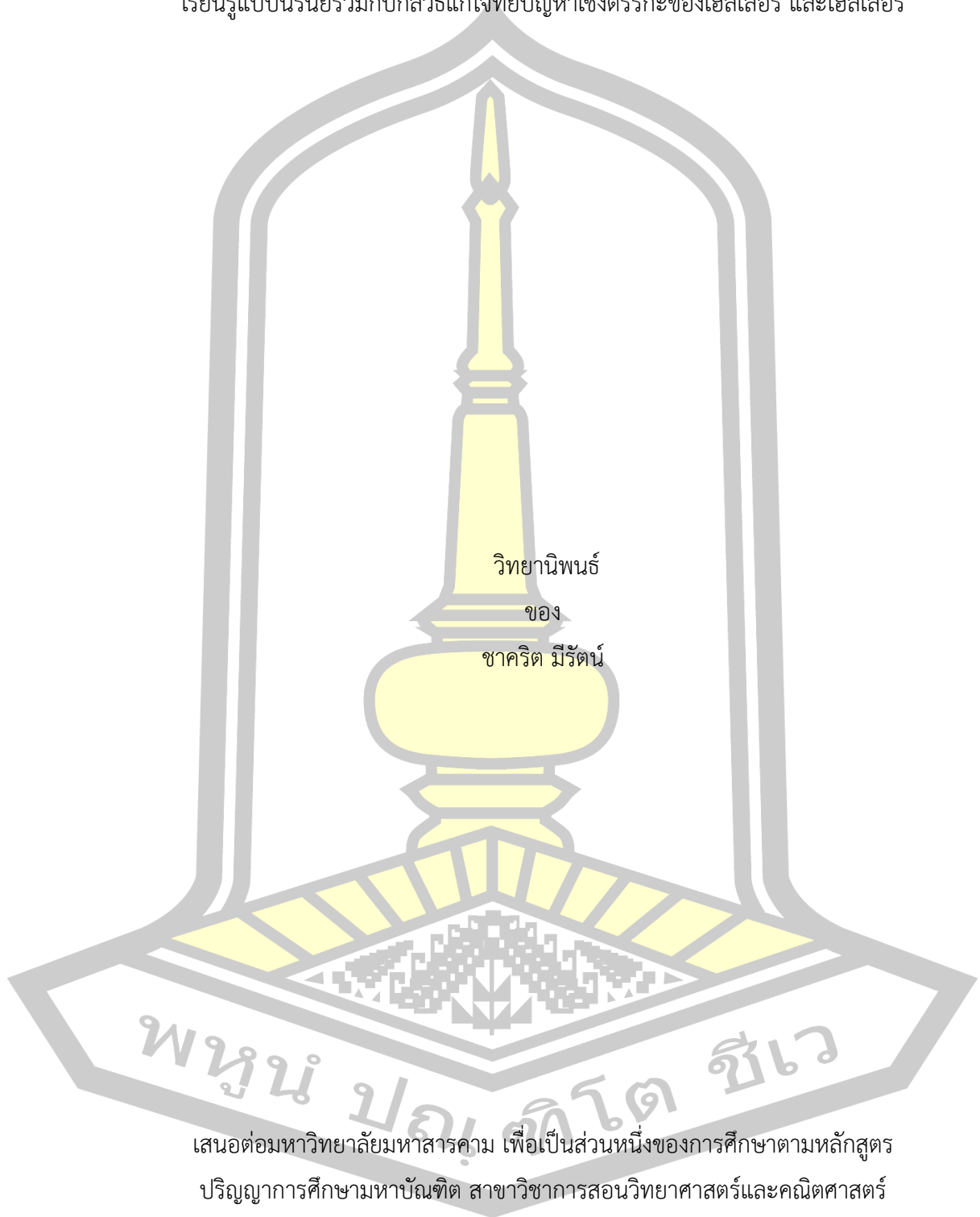
ชาคริต มีรัตน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการ
เรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์



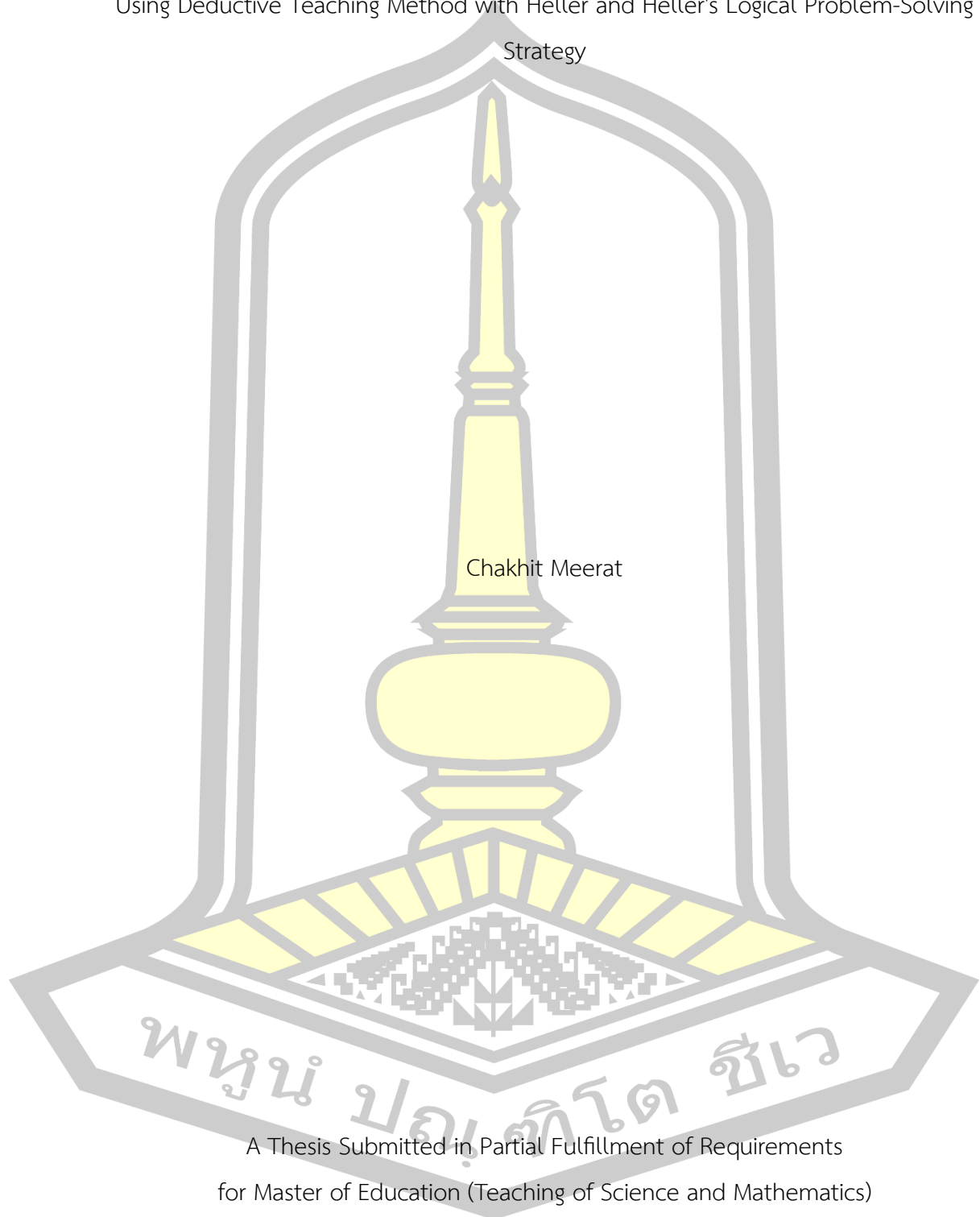
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of the Problem-Solving Ability for Mathayomsuksa 5 Students
Using Deductive Teaching Method with Heller and Heller's Logical Problem-Solving
Strategy

Chakhit Meerat



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

January 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายชาคริต มีรัตน์ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. มนต์รี วงษ์สะพาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. สุภกร หาญสูงเนิน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์		
ผู้วิจัย	ชาคริต มีรัตน์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ดังนี้ (1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนโดยรวม ขึ้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์, การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย, กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์



TITLE	The Development of the Problem-Solving Ability for Mathayomsuksa 5 Students Using Deductive Teaching Method with Heller and Heller's Logical Problem-Solving Strategy		
AUTHOR	Chakhit Meerat		
ADVISORS	Assistant Professor Urit Charoen-In , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

Three purposes of this research were (1) to compare the physics problem-solving abilities of grade 11 students before learning and after learning by using deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy overall and separate categories by steps (2) to compare the physics problem-solving abilities of grade 11 students by using deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy after learning with the 70 percent criterion (3) to compare the physics learning achievement of grade 11 students by using deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy after learning with the 70 percent criterion. The sample consisted of 37 grade 11 students' science and mathematics program of Watsratong municipal school in the first semester of the academic year 2023, obtained using the cluster random sampling technique. The research instruments used for the study were the learning management plan of the deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy, physics problem-solving abilities test, physics learning achievement test. The statistics used for analyzing data were mean, percent, standard deviation, dependent samples t-test, and one sample t-test.

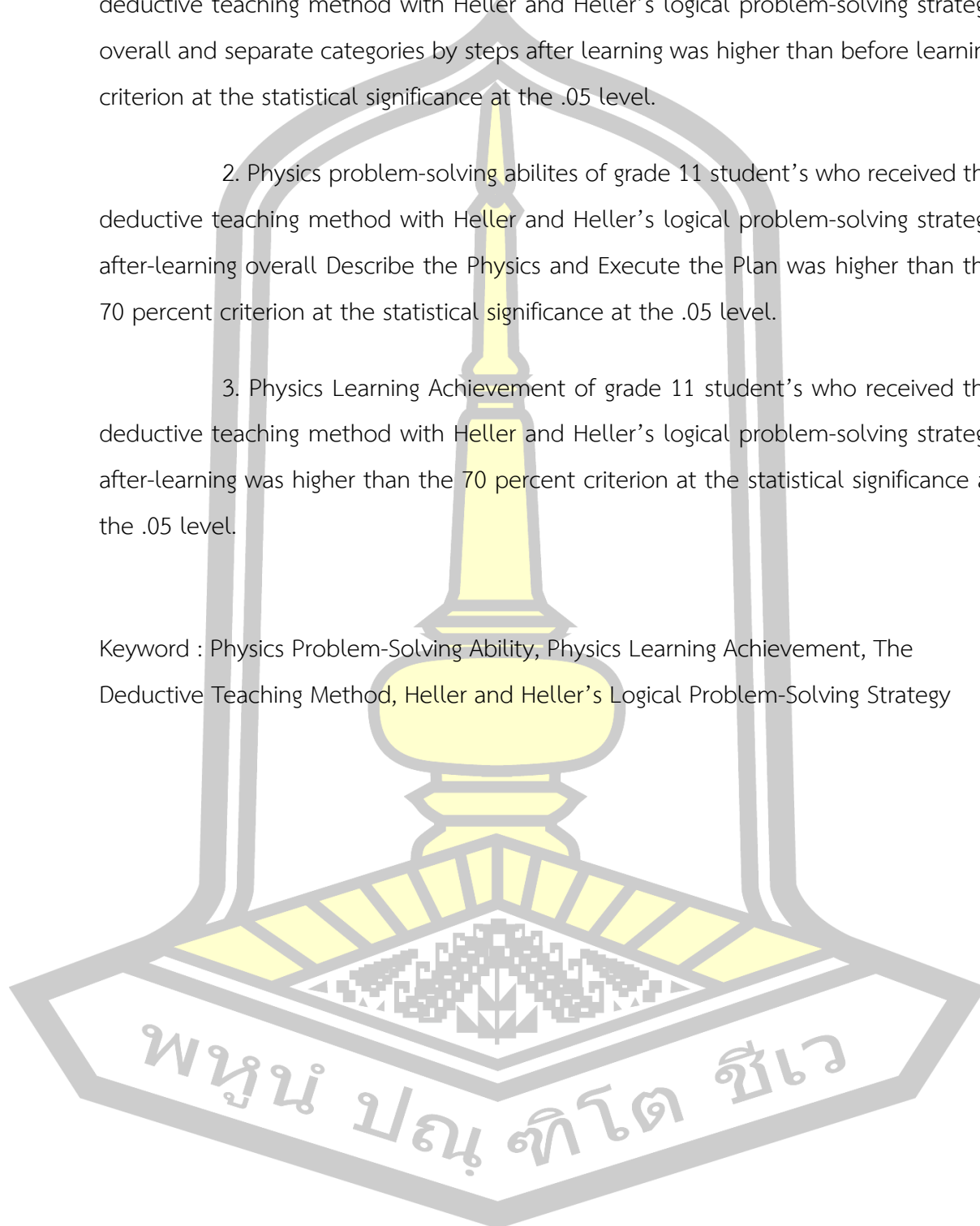
The results findings were summarized as follows:

1. Physics problem-solving abilities of grade 11 students who received the deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy overall and separate categories by steps after learning was higher than before learning criterion at the statistical significance at the .05 level.

2. Physics problem-solving abilities of grade 11 students who received the deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy after-learning overall Describe the Physics and Execute the Plan was higher than the 70 percent criterion at the statistical significance at the .05 level.

3. Physics Learning Achievement of grade 11 students who received the deductive teaching method with Heller and Heller's logical problem-solving strategy after-learning was higher than the 70 percent criterion at the statistical significance at the .05 level.

Keyword : Physics Problem-Solving Ability, Physics Learning Achievement, The Deductive Teaching Method, Heller and Heller's Logical Problem-Solving Strategy



กิตติกรรมประกาศ

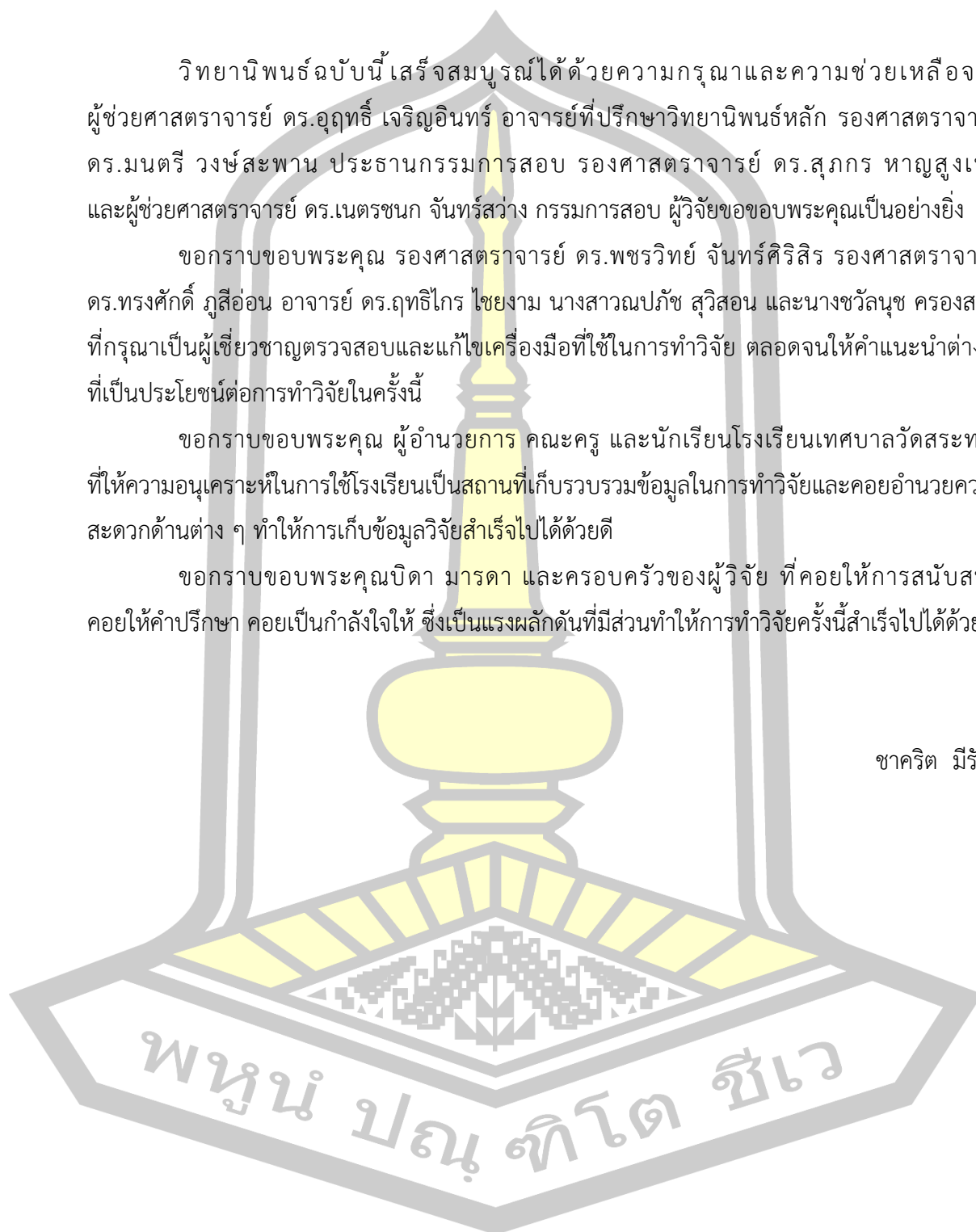
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พชรวิทย์ จันท์ศิริสิริ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม นางสาวณปภัช สุวิสอน และนางชวัลนุช ครองสนั่น ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียนโรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การเก็บข้อมูลวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้คำปรึกษา คอยเป็นกำลังใจให้ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

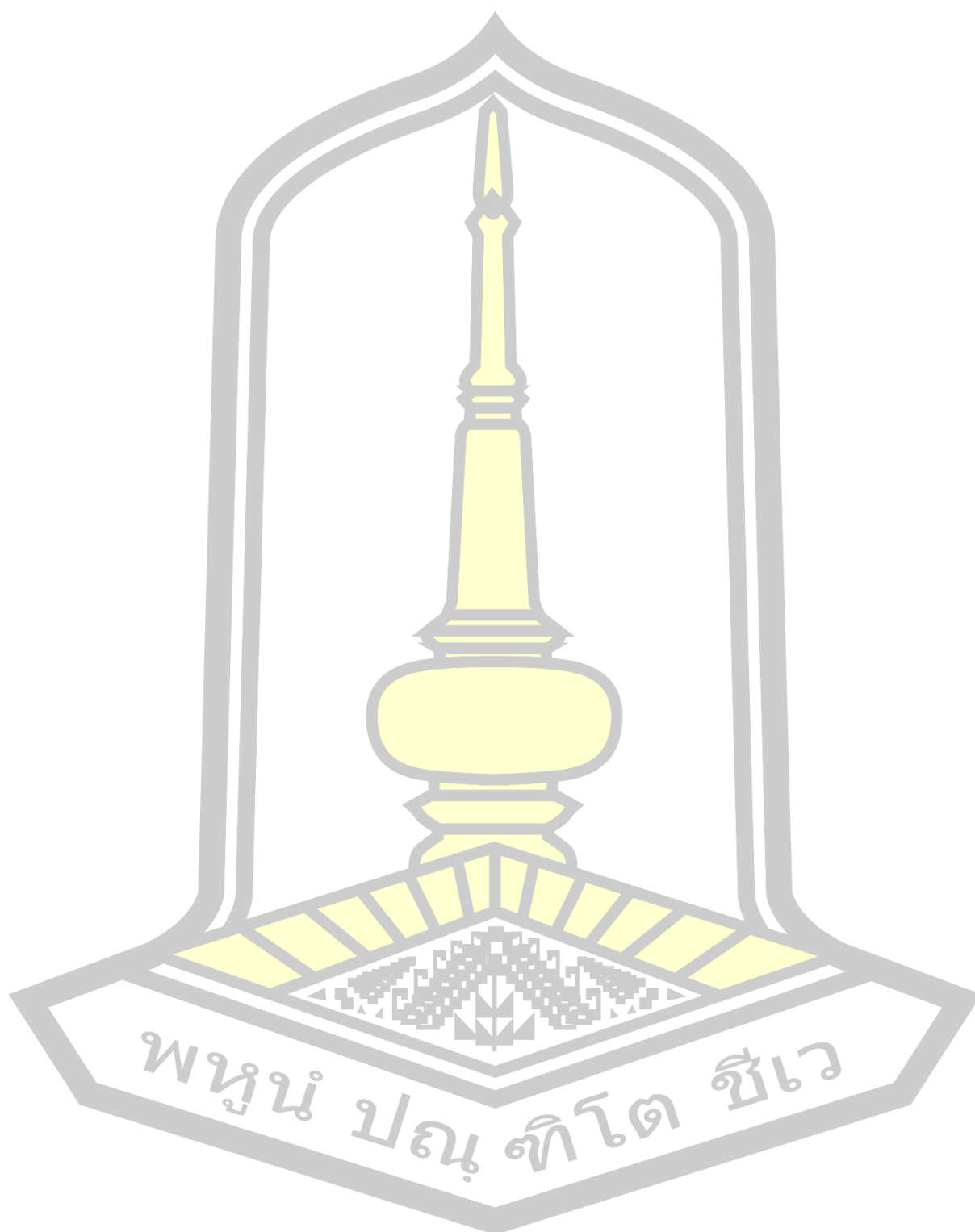
ชาคริต มีรัตน์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560).....	9
บริบทโรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง.....	13
การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย.....	15
กลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์.....	22
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์.....	28
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	31
การวิจัยเชิงทดลอง.....	35

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
กรอบแนวคิดการวิจัย	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	44
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	44
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย	45
การเก็บรวบรวมข้อมูล	59
การวิเคราะห์ข้อมูล	59
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	65
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	66
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	88
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	88
สรุปผล	88
อภิปรายผล	89
ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญเครื่องมือวิจัย.....	104
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	106
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	133
ภาคผนวก ง หนังสือขอเก็บข้อมูลและขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ.....	146

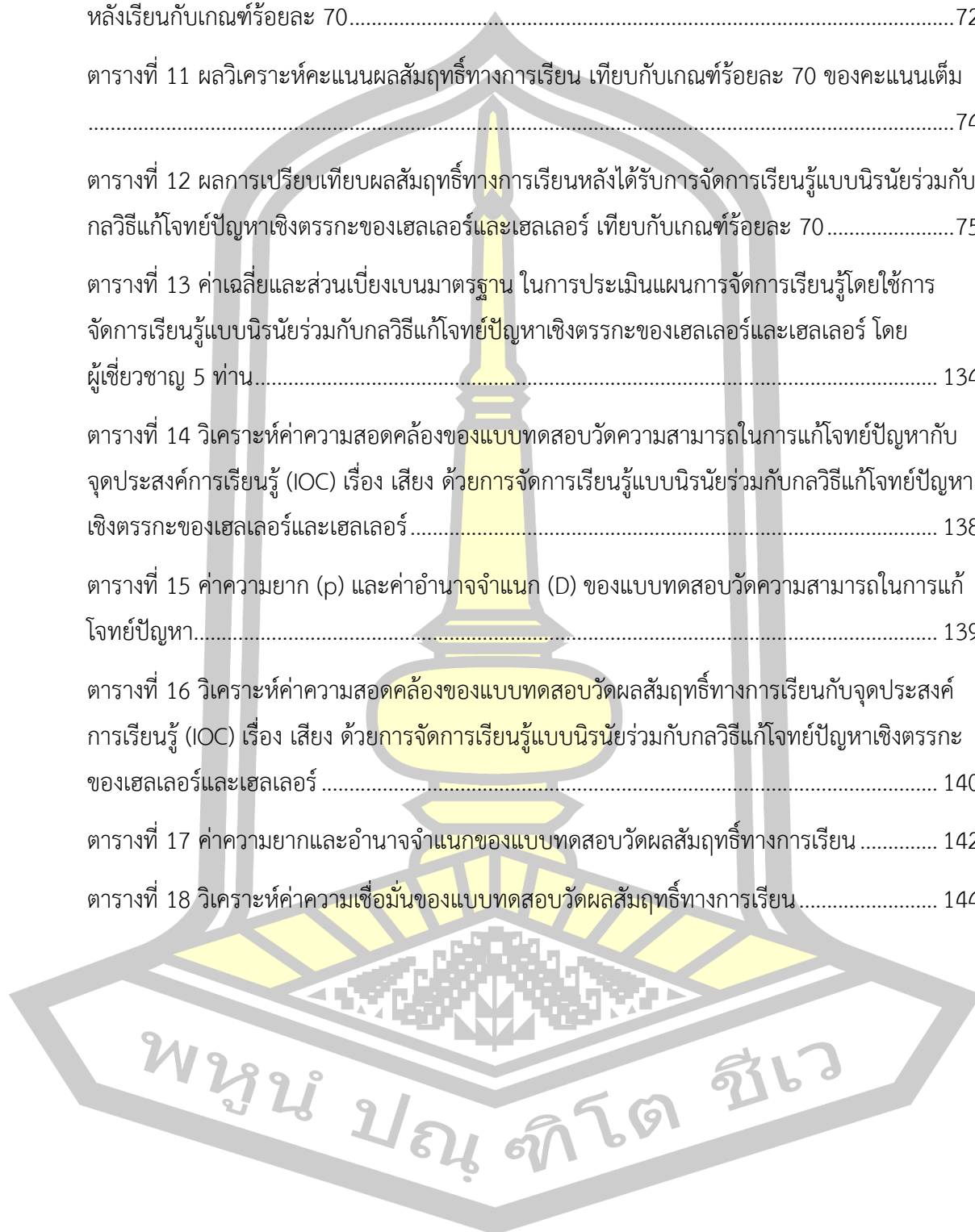


สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางวิเคราะห์ลำดับแผน ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ และ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	46
ตารางที่ 2 จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง.....	53
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮล เลอร์และเฮลเลอร์.....	55
ตารางที่ 4 แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Only Design	58
ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรวม.....	66
ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธี แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ ของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามขั้นตอน	67
ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกตามขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้ โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน	68
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อย ละ 70 ของคะแนนเต็ม	69
ตารางที่ 9 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน ด้วยการจัดการ เรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เทียบกับเกณฑ์ร้อย ละ 70	71
ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธี แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่	

ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....	72
ตารางที่ 11 ผลวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	74
ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....	75
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การ จัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดย ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	134
ตารางที่ 14 วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหากับ จุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) เรื่อง เสี่ยง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหา เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	138
ตารางที่ 15 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหา.....	139
ตารางที่ 16 วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ (IOC) เรื่อง เสี่ยง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	140
ตารางที่ 17 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	142
ตารางที่ 18 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	144



พระปณฺชิโต ชัยเว

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	43
ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และ เฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายบุคคล	73
ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เปรียบเทียบ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายบุคคล	76



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับทุกคนไม่ว่าจะในชีวิตประจำวันหรือในอาชีพต่าง ๆ นอกจากนี้เทคโนโลยี เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มนุษย์ใช้ในชีวิตประจำวันเพื่ออำนวยความสะดวก หลักการทำงาน และแนวคิดการทำงานเหล่านี้เป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คณิตวิเคราะห์ (อุษา ชมภูพฤษ, 2561) ความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างมีโครงสร้างและเป็นระบบ หลักการสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายแนวคิดหลักหรือแนวคิดรวบยอดที่สอดคล้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎี ข้อสรุป หรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้น รวมทั้งยังสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย (เดชทัต เรื่องธรรม, 2559 ; รัตนพร บุณยะพล, 2563) ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตัวเองมากที่สุด โดยการเรียนการสอนควรต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้กลยุทธ์และวิธีการต่าง ๆ แทนการบรรยายถ่ายทอดความรู้เพียงอย่างเดียว (ทิศนา แคมมณี, 2560 ; วุฒิชัย จารุตัน, 2563)

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา และมีบทบาทสำคัญอย่างมากในชีวิตประจำวัน (กมลชนก ชัยชนะ และปรกรณ์ ประจัญบาน, 2018) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ยังเป็นศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะ การตั้งสมมติฐาน ทดลอง สังเกต วิเคราะห์ ทำให้เกิดกระบวนการคิด ความเข้าใจ จนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์มีส่วนสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วยการทดลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่จะต้องอาศัยการประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์มาช่วย ซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง เมื่อนักเรียนพบโจทย์ปัญหาเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตัวเอง (สิริพัฒน์ ประโทนเทพ, 2555 ; เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2562) และโดยส่วนมากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่จะต้องค้นหาปริมาณที่ไม่ทราบค่า ฟิสิกส์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างสูงเพราะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จะเป็นการสร้างสมการ และหาความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ แล้วค้นหาปริมาณที่ไม่ทราบค่าใน

ความสัมพันธ์นั้น เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา (Belikov, 1989) ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามมามากมาย เนื่องจากทัศนคติเกี่ยวกับการเรียนฟิสิกส์ของผู้เรียนที่มองว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์มาช่วยในการหาคำตอบ เป็นปัจจัยส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่จะต้องนำความรู้ความเข้าใจในนิยาม กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย (Deductive Method) คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียน แล้วจึงให้ตัวอย่างการใช้กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้นักเรียนฝึกนำกฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปนั้นไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย เป็นวิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หลักการ และสามารถนำหลักการดังกล่าวไปใช้ได้ ข้อดีของวิธีการสอนแบบนิรนัย ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มาก เพราะนักเรียนสามารถนำกฎ หลักการ หรือทฤษฎีหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วไปใช้ได้เลย ทำให้นักเรียนจดจำกฎ หรือสูตรสมการได้อย่างแม่นยำ (ทิตินา ขัมมณีน, 2556) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย สุวิทย์ มูลคำ และคณะ (2545) ได้เสนอไว้ว่ามี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา 2) ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ 3) ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ 4) ขั้นตรวจสอบและสรุป และ 5) ขั้นฝึกปฏิบัติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคาดว่าจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยจะช่วยให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลไม่เชื่ออะไรง่ายๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ และกล้าตัดสินใจแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งยังจะทำให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย และผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยนั้นยังมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยถึงวิธีการที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้สูงขึ้นได้นั้น Heller & Heller (2010) ได้นำเสนอกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ (Logical Problem-Solving Strategy) ซึ่งเป็นกลวิธีที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา วาดภาพ อธิบายหลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา นำไปสู่การเลือกใช้สมการ วางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและดำเนินการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ต้องการหา 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นอธิบายหลักการหรือแนวคิด

ทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา 3) ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาโดยการเขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ 4) ขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้ในขั้นก่อนหน้าโดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา 5) ขั้นตอนประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหาและสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่งในงานวิจัยของวิรัตน์ ชันเขต (2562) และวุฒิชัย จารุตัน (2563) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น

ดังนั้นจากเหตุผลและสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิด ผิควิเคราะห์ปัญหา และนำหลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์จะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาการเรียนฟิสิกส์ในเนื้อหาอื่น ๆ
2. เพื่อเป็นแนวทางเพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของครูผู้สอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดลองวิจัยเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (One Group Pretest – Posttest Only Design)

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ตำบลในเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมจำนวนทั้งหมด 73 คน ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของผู้เรียน เป็นแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ตำบลในเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ดจังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 37 คน โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3. ตัวแปรในการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

3.2 ตัวแปรตาม

3.2.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยทำวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

5. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาทำเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ จำนวน 9 แผน รวมระยะเวลา 14 ชั่วโมง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ดังนี้

5.1 อัตราเร็วของเสียง	จำนวน 2 ชั่วโมง
5.2 การสะท้อนของเสียง	จำนวน 1 ชั่วโมง
5.3 การหักเหของเสียง	จำนวน 2 ชั่วโมง
5.4 การเลี้ยวเบนของเสียง	จำนวน 1 ชั่วโมง
5.5 การแทรกสอดของเสียง	จำนวน 2 ชั่วโมง
5.6 ความเข้มเสียง	จำนวน 1 ชั่วโมง
5.7 ระดับเสียง	จำนวน 2 ชั่วโมง
5.8 คลื่นนิ่งของเสียงในท่อ	จำนวน 1 ชั่วโมง
5.9 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์	จำนวน 2 ชั่วโมง

รวมจำนวนทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

ทั้งนี้ไม่รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นียมศัพท์เฉพาะ

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

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป ของเนื้อหาในบทเรียนให้เข้าใจ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบทฤษฎี หลักการ หรือนิยามที่เชื่อว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำและให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ใหม่ให้นักเรียนได้พบ หรือให้นักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหา

2. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ หมายถึง กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและนำหลักการทางฟิสิกส์ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการในแบบฝึกแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยการวาดภาพของสถานการณ์และระบุข้อมูลลงบนภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา โดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นอธิบายหลักการ หรือแนวคิดทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุสมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นดำเนินการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาโดยการเขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นก่อนหน้าโดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหาและสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา พร้อมทั้งระบุหน่วยให้ถูกต้อง

3. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ นิยาม หรือข้อสรุป แล้วจึงนำความรู้ที่ได้เรียนมาเหล่านั้นนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ ๆ เพื่อฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยที่ยังไม่มีการพิสูจน์ให้เห็นจริง โดยมอบหมายใบงานและใบกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในคาบเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจะนำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่สอนในแง่ของปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะนำเอาทฤษฎี หลักการ กฎหรือข้อสรุปมาสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้อย่างมาใช้ในการแก้ปัญหาคือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ และผู้สอนนำเสนอตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยการวาดภาพของสถานการณ์และระบุข้อมูลลงบนภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) อธิบายหลักการหรือแนวความคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุสมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นดำเนินการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาโดยการเขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาดังแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ

4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นก่อนหน้าโดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

5. ขั้นประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหาและสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา พร้อมทั้งระบุหน่วยให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบว่าทฤษฎี หลักการ กฎ หรือนิยามที่ได้เรียนรู้นั้นว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ และสรุปองค์ความรู้ที่ได้เรียนมาลงในสมุดประจำตัว โดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและปรึกษาในจุดที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ใหม่ ๆ ให้ผู้เรียนได้ทำใบงานโดยนำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ทั้ง 5 ขั้นตอนมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาดังนี้ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) 2) ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) 4) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) 5) ขั้นประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) โดยไม่มีคำแนะนำจากผู้สอนเพื่อให้นักเรียนฝึกการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง การนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหากับสถานการณ์ที่กำลังเผชิญอยู่ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย วัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยการวาดภาพของสถานการณ์และระบุข้อมูลลงบนภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นอธิบายหลักการหรือแนวคิดทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุสมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นดำเนินการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาโดยการเขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาดังแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นก่อนหน้าโดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหาและสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา พร้อมทั้งระบุหน่วยให้ถูกต้อง

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
2. บริบทโรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง
3. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย
4. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์
5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. การวิจัยเชิงทดลอง
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
9. กรอบแนวคิดการวิจัย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดเป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไว้ดังนี้

1. เป้าหมายของวิชาวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.6 เพื่อพัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและ ผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลาย ทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของ การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำ ต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและ การถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของ คลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ ที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

3. ผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไว้ดังนี้

1. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. ทดลอง และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง
3. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณ อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น
4. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่น ความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับ อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพ เสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

7. ทดลอง และอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่ง ด้าน รวมทั้งสังเกต และอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

8. ทดลอง และอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ เมื่อแสงตกกระทบกระจกเงาราบและ กระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจก เงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

9. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุมหักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง และความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและ การสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. ทดลอง และเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์ บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

11. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด มิราจ การเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

12. สังเกต และอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี

4. คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ศึกษาวิเคราะห์ และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวล-สปริงเบา เงานของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอ การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย การสั่นพ้อง การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล ชนิดของคลื่น รูปร่างและส่วนประกอบของคลื่น คลื่นผิว น้ำ คลื่นในเส้นเชือก การซ้อนทับของคลื่น หลักของฮอยเกนส์ การสะท้อนของคลื่น การหักเหของคลื่น การเลี้ยวเบนของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น การเคลื่อนที่ของเสียงผ่านอากาศ อัตราเร็วของคลื่น เสียง การสะท้อนของเสียง การหักเหของเสียง การเลี้ยวเบนของเสียง การแทรกสอดของเสียง

ความเข้มเสียง ระดับเสียง หูกับการได้ยิน มลภาวะทางเสียง เสียงดนตรี ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง การสั่นพ้องของเสียง บิต คลื่นนิ่งของเสียงในท่อ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทก การนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ประโยชน์ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน การเขียนรังสีของแสง การคำนวณหาตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุเมื่อแสงตกกระทบกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม การสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม การหักเหของแสง กฎการหักเหของแสง ภาพที่เกิดจากการหักเหที่ผิวเรียบ ความลึกจริง ความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด การเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง การหาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น การกระจายแสง รุ้ง การทรงกลด มิราจ เป็นต้น ทิศนอุปกรณ์ เช่น เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายภาพ กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ เป็นต้น ความสว่างตา และการมองเห็นสี การผสมสารสี การผสมแสง สาเหตุของการบอดสี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบาย และการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้อง

บริบทโรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง

1. สภาพปัจจุบัน

โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยมี นายโกสิทธิ์ บุญส่ง เป็นผู้อำนวยการโรงเรียน

2. ที่ตั้ง

49/4 ศรีทิวา ซอย 4 ตำบลในเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด 45000

3. ปัญหาทั่วไป

3.1 เนื่องจากเป็นกฎที่ทางโรงเรียนพึงมีนโยบายออกมาให้นักเรียนเดินเรียนในแต่ละวิชา ซึ่งต้องเสียเวลาขณะเดินมาเรียนและในขณะช่วงเวลาในการเปลี่ยนคาบเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มักจะไปทำธุระส่วนตัวเข้าห้องน้ำเป็นเวลานาน ทำให้เวลาในการสอนตอนเริ่มคาบเรียนช้า และทำให้เวลาในการเรียนการสอนลดลง

3.2 นักเรียนยังขาดระเบียบวินัยในการมาโรงเรียน สังกัดได้จากการมาเข้าแถวเคารพธงชาติไม่ตรงเวลา ไม่เก็บขยะที่นำเข้ามาทานในห้องเรียนห้องแลป และไม่ยกเก้าอี้ขึ้นหลังจากจบคาบเรียนแต่ละชั่วโมงเสร็จแล้ว

3.3 นักเรียนบางคนยังขาดความกระตือรือร้นและความเอาใจใส่ มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การหลับในห้องเรียน การเล่นเกมโทรศัพท์หรือหยอกล้อพูดคุยเล่นกันในขณะที่ครูสอน

3.4 นักเรียนจะต้องมาเรียนวิชาฟิสิกส์ที่ห้องแลปฟิสิกส์ โต๊ะเรียนจะมีลักษณะเป็นโต๊ะที่ต้องนั่งกันเป็นกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนบางคนต้องนั่งหันหลังให้กับกระดานและครูผู้สอน ทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่เท่าที่ควร

3.5 จำนวนนักเรียนในห้องเรียนนั้นค่อนข้างเยอะทำให้เวลาสอนครูผู้สอนอาจจะดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง

4. ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

4.1 อุปกรณ์การทดลองที่โรงเรียนขาดแคลนและไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนในแต่ละห้อง ครูจึงจำเป็นต้องสาธิตให้นักเรียนศึกษา ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองหรือสาธิตไม่ทั่วถึง

4.2 นักเรียนส่วนใหญ่ลืมสิ่งที่เคยเรียนมา เนื่องจากการไม่มีการทบทวน ส่งผลให้ความเข้าใจในเนื้อหาครั้งถัดไปนั้นค่อนข้างยาก

4.3 นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพราะการจะอธิบายหรือทดลองในวิชาฟิสิกส์นั้นจะต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วย

4.4 นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ อย่างเช่น บอกสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการได้บ้างไม่ได้บ้าง จำตัวแปรของปริมาณทางฟิสิกส์ไม่ได้ทำให้เวลาแทนค่าหาคำตอบออกมานักเรียนจึงไม่สามารถเขียนหน่วยของตัวแปรได้อย่างถูกต้อง และไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์อื่น ๆ ได้

4.5 นักเรียนบางคนยังขาดความกระตือรือร้นและความเอาใจใส่ มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การหลับในห้องเรียน การเล่นเกมโทรศัพท์หรือหยอกล้อพูดคุยเล่นกันในขณะที่ครูสอน

5. บริบทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1

5.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ปีการศึกษา 2566 มีนักเรียนจำนวนหมด 37 คน โดยแบ่งเป็นนักเรียน 13 คน นักเรียนหญิง 24 คน

5.2 การจัดการเรียนการสอนนั้นเป็นไปด้วยความล่าช้า เนื่องจากนักเรียนต้องเดินเรียนตามนโยบายของทางโรงเรียนทำให้เวลาเปลี่ยนคาบเรียนนักเรียนต้องเสียเวลาเดินมาเรียนหรือไปทำธุระส่วนตัวทำให้การเรียนการสอนนั้นไม่เพียงพอเท่าที่ควร

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

วิธีสอนแบบนิรนัยมาจากภาษาอังกฤษว่า Deductive Method ในบางครั้งมีผู้ใช้เป็นภาษาไทยหลายคำเช่น วิธีสอนแบบนิรนัย วิธีสอนแบบอุปนัย หรือวิธีสอนแบบอนุमान ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย โดยมีผู้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัยไว้ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2530) ได้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัย ว่า วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นวิธีสอนที่ตรงกันข้ามกับวิธีสอนแบบอุปนัย เพราะวิธีสอนแบบอุปนัยเริ่มต้นด้วยการยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อสังเกตรูปแบบแล้วนำไปสู่ข้อสรุปเป็นนัยทั่วไป ส่วนวิธีสอนแบบนิรนัยนั้นเริ่มต้นจากการนำนัยทั่วไป กฎ หรือสูตรที่ทราบอยู่แล้ว นำมาใช้เพื่อที่จะแก้ปัญหาเรื่องใหม่และเกิดข้อสรุปอันใหม่ขึ้น

จำเนียร ศิลปวานิช (2538) ได้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัย ว่าเป็นวิธีสอนที่เริ่มจากกฎหรือหลักการต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนหาหลักฐาน เหตุผล มาพิสูจน์ยืนยันวิธีสอนแบบนี้ฝึกหัดให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะพิสูจน์ให้เห็นจริงเสียก่อน

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2540) ได้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัย ว่า วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นวิธีสอนที่เริ่มจากหลักการ กฎเกณฑ์ สูตร นิยาม ทฤษฎี หรือความจริงโดยทั่วไปก่อน แล้วจึงทำการพิสูจน์ทดลองให้เห็นจริง หรือเป็นวิธีสอนที่สอนจากกฎไปหาตัวอย่างหรือสอนจากส่วนรวมไปหาส่วนย่อย

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้ให้ความหมายไว้ว่า วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นวิธีสอนที่เริ่มต้นจากการนำนัยทั่วไป กฎหรือสูตรที่ทราบอยู่แล้วมาตรวจสอบข้อเท็จจริง แล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่และเกิดข้อสรุปใหม่ขึ้น

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

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548) ได้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัยว่าเป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกฎเกณฑ์หลักการแล้วนำไปสู่ตัวอย่างหรือรายละเอียดปลีกย่อยภายหลัง โดยการพิจารณาจากตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อนำข้อเท็จจริงไปทดสอบหลักการนั้น

ทิศนา แคมณี (2562) ได้ให้ความหมายว่า คือ วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยการช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้

ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียน แล้วจึงให้ตัวอย่างการใช้ทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้ผู้เรียนฝึกนำทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในทฤษฎี/หลักการ/กฎหรือข้อสรุปนั้น ๆ หรือกล่าวสั้น ๆ ได้ว่าเป็นการสอนจากหลักการไปสู่ตัวอย่างย่อย ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนให้นักเรียนเรียนรู้ทฤษฎี กฎ ข้อสรุปหรือหลักการต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นถึงให้นักเรียนนำทฤษฎี กฎ ข้อสรุปหรือหลักการต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ

2. จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

จำเนียร ศิลปวานิช (2538) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ดังนี้ ให้นักเรียนรู้จักใช้กฎ สูตร และหลักเกณฑ์ต่าง ๆ มาช่วยในการแก้ปัญหา ไม่ตัดสินใจในการทำงานอย่างง่าย ๆ จนกว่าจะพิสูจน์ให้ทราบข้อเท็จจริงเสียก่อน

ไสว พักขาว (2544) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย มีดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักกฎ สูตร หรือหลักการต่าง ๆ ไปอ้างอิงใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผล
2. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนรู้จักใช้เหตุผลมาประกอบการพิสูจน์องค์ความรู้ต่าง ๆ ก่อนตัดสินใจเชื่อว่าถูกต้อง

ยุพิน พิพิธกุล (2545) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ไว้ว่า

1. ใช้สอนนักเรียนที่จะแก้ปัญหายาก ๆ โดยใช้กฎหรือความจริงที่ผู้อื่นทำได้
2. สอนให้นักเรียนรอการตัดสินใจจนกระทั่งความจริงนั้นจะถูกพิสูจน์ นักเรียนจะไม่ตัดสินใจเมื่อเผชิญกับปัญหาที่แท้จริง จนกระทั่งการวิเคราะห์จะเสร็จสิ้น
3. แก้นักเรียนที่จะสรุปเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทันทีทันใด

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย มีดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนได้เอาหลักความจริง กฎ นิยาม สูตร หรือทฤษฎีไปใช้ให้เป็นประโยชน์
2. เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จะต้องมีการพิสูจน์ความจริงหรือวิเคราะห์ให้เสร็จสิ้นเสียก่อน
3. เพื่อให้ผู้เรียนได้จัดสิ่งที่ผู้เรียนได้สรุปสิ่งต่าง ๆ โดยไม่คิดไตร่ตรอง และมีหลักเกณฑ์ในการสรุปสิ่งต่าง ๆ

ทิศนา แคมณี (2562) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของวิธีสอนโดยใช้การนิรนัยไว้ว่าเป็นวิธีการที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หลักการและสามารถนำหลักการดังกล่าวไปใช้ได้

จากจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมา สรุปได้ว่า เป็นการสอนที่ครูผู้สอนมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์แยกแยะ พิสูจน์ และหาเหตุผลของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะเชื่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยที่ไม่มีหลักการมารองรับ

3. องค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

สุวิทย์ มูลคำ, และอรทัย มูลคำ (2547) เขียนองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
- 2) ตัวอย่างสถานการณ์ที่หลากหลาย ที่สามารถนำทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้นั้นไปใช้ได้
- 3) การฝึกนำทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ออกไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย
- 4) ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการนำหลักการไปใช้

ทศนา แคมณี (2562) กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. มีผู้สอนและผู้เรียน
2. มีทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปต่าง ๆ
3. มีตัวอย่างสถานการณ์ที่หลากหลาย ที่สามารถนำทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปนั้นนำไปใช้ได้
4. มีการฝึกนำทฤษฎี/หลักการ/กฎ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย
5. มีผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดจากการนำหลักการไปใช้

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

จำเนียร ศิลปวานิช (2538) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. ขั้นอธิบายปัญหา ระบุสิ่งที่สอนในแง่ของปัญหาเพื่อยั่วให้นักเรียนเกิดความสนใจจะหาคำตอบ ปัญหาจะต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงของชีวิตและเหมาะสมกับวุฒิภาวะของนักเรียน
2. ขั้นอธิบายข้อสรุป ได้แก่การนำข้อสรุป กฎ หรือนิยามมากกว่า 1 อย่าง มาอธิบายเพื่อให้นักเรียนได้เลือกใช้ในการแก้ปัญหา
3. ขั้นตกลงใจ เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกข้อสรุป กฎ หรือนิยามที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

4. ขั้นพิสูจน์หรืออาจเรียกว่าขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นที่สรุปคำหรือนิยามว่า เป็นความจริงไม่โดยการพิจารณาครู ค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ และจากการทดลองข้อสรุปที่ได้พิสูจน์ว่าเป็นความจริงจึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2540) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. ขั้นเตรียมบทเรียน เตรียมการสอน และการสร้างความสนใจของนักเรียนเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน
2. ขั้นอธิบายหลักเกณฑ์หรือกฎ ครูจะนำทฤษฎีหรือหลักเกณฑ์ คำนิยามหรือสูตร ฯลฯ มานำเสนอ
3. ขั้นยกตัวอย่างหรือทดลองพิสูจน์ให้เห็นจริงและให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วย เช่น ให้นักเรียนยกตัวอย่างเพิ่มเติมหรือกระทำการทดลองพิสูจน์ด้วยตนเอง
4. ขั้นสรุป นักเรียนสามารถสรุปได้ว่ากฎเกณฑ์หรือทฤษฎีที่ครูนั้นอธิบายเป็นความจริงทุกประการ ข้อสรุปที่ได้นับว่าเป็นความรู้ที่ถูกต้อง
5. ขั้นนำไปใช้ ครูให้นักเรียนนำกฎเกณฑ์หรือทฤษฎีที่พิสูจน์ให้เห็นจริงแล้วนำไปใช้ในการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจและเกิดทักษะยิ่งขึ้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547) เขียนขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการเสนอปัญหาหรือระบุมสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ ปัญหาที่นำเสนอควรจะต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของชีวิตและเหมาะสมกับบุคลิกภาวะของผู้เรียน
2. ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ เป็นการนำเอาทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ต้องการมาสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎี หลักการนั้น
3. ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ ทฤษฎีที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้
4. ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะตรวจสอบและสรุปทฤษฎี หลักการกฎ ข้อสรุปหรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ หรือจากการทดลองข้อสรุปที่ได้พิสูจน์หรือตรวจสอบว่าเป็นจริง จึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง
5. ขั้นฝึกปฏิบัติ เมื่อผู้เรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปพอสมควรแล้วผู้สอนเสนอสถานการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนฝึกนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย

ทศนา แชนณี (2562) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ดังนี้

1. ขั้นที่ 1 ผู้สอนถ่ายทอดความรู้ ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสม
2. ขั้นที่ 2 ผู้สอนให้ตัวอย่างสถานการณ์หลากหลาย ที่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปใช้
3. ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ นำความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
4. ขั้นที่ 4 ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์และอภิปรายการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น
5. ขั้นที่ 5 ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบนิรนัยเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปก่อน จากนั้นผู้สอนถึงให้ผู้เรียนนำทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้า นำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือแก้ปัญหาใหม่ ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยของ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจะนำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอปัญหา หรือระบุสิ่งที่สอนในแง่ของปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะนำเอาทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปมาสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบว่าทฤษฎี หลักการ กฎ หรือนิยามที่ได้เรียนรู้นั้นว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและปรึกษา

ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ใหม่ ๆ ให้ผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัดฝึกการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และไม่มีคำแนะนำจากผู้สอน

5. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ยุพิน พิพิธกุล (2530) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. สั้นและไม่เสียเวลา เพราะใช้กฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วล่วงหน้า

2. ทำให้จำหลักการหรือกฎเกณฑ์ได้แม่นยำจากการนำไปใช้
3. มีการฝึกและการทบทวนมาก
4. เร็วและมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

จำเนียร ศิลปวานิช (2538) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. วิธีสอนแบบนี้เหมาะที่จะใช้สอนเนื้อหาวิชาที่ง่าย ๆ หรือหลักเกณฑ์ต่าง ๆ จะสามารถอธิบายให้นักเรียนเข้าใจความหมายได้ดี และเป็นวิธีสอนที่ง่ายกว่าวิธีสอนแบบอุปนัย

2. ฝึกให้เป็นคนมีเหตุผลไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการพิสูจน์ให้เห็นจริง

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2540) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. ง่ายและประหยัดเวลาในการสอน
2. ใช้สอนวิชาที่เนื้อหาว่าง่าย ๆ หรือสอนหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ดี
3. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ดี
4. ครูไม่ต้องมีเทคนิคการสอนมาก

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้สรุปถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. ใช้เวลาน้อย เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วมาใช้ได้

2. ทำให้นักเรียนจำกฎหรือสูตรได้แม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง

3. ช่วยทำให้การแก้ปัญหานักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบนิรนัยไว้

ดังนี้

1. เป็นวิธีการที่ช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ง่าย รวดเร็วและไม่ยุ่งยาก
2. ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มากนัก

3. ฝึกให้ผู้เรียนนำทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป หรือนิยามไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

4. ฝึกให้ผู้เรียนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการพิสูจน์ให้เห็นจริง

ทศนา แคมณี (2562) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. เป็นวิธีการสอนที่ช่วยถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้อย่างรวดเร็วและไม่ยุ่งยาก
2. เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการนำทฤษฎี/หลักการไปใช้ใน

สถานการณ์ใหม่

3. เป็นวิธีสอนที่เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนที่มีความสามารถหรือเรียนรู้ได้เร็วสามารถ

พัฒนา โดยไม่ต้องรอผู้เรียนรู้ได้ช้ากว่า

จากข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนจดจำทฤษฎี หลักการ กฎ หรือองค์ความรู้ได้อย่างแม่นยำ เป็นวิธีการสอนที่สามารถถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ง่าย และไม่เสียเวลาในการสอนมากนัก

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ยุพิน พิพิธกุล (2530) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. ทำให้ผู้เรียนที่เริ่มต้นเรียน เข้าใจสูตรที่เป็นนามธรรมได้ยาก
2. ผู้เรียนจะต้องจำสูตรมาใช้ซึ่งบางครั้งก็ไม่เข้าใจ ความจำจึงกลายเป็นเรื่อง
3. ถ้าผู้เรียนลืมกฎหรือสูตรก็ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

สำคัญ

จำเนียร ศิลปวานิช (2538) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. วิธีสอนแบบนิรนัยจะใช้สอนได้เฉพาะบางเนื้อหา ไม่ส่งเสริมคุณค่าในการแสวงหาความรู้และคุณค่าทางอารมณ์
2. เป็นการสอนที่นักเรียนไม่ได้เกิดความคิดรวบยอดด้วยตนเอง เพราะครูกำหนดความคิดรวบยอดให้แต่เพียงฝ่ายเดียว

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2540) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. นักเรียนบางคนเข้าใจวิธีนี้ยาก
2. ถูกวิจารณ์ว่าเป็นวิธีที่สนับสนุนให้นักเรียนเดา
3. ใช้สอนได้ดีเฉพาะบางเรื่องและไม่ส่งเสริมคุณค่าในการแสวงหาความรู้และคุณค่าทางอารมณ์

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้คือ สามารถนำมาใช้สอนได้เฉพาะบางเนื้อหา และเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนที่เริ่มเรียนเข้าใจกฎหรือสูตรที่เป็นนามธรรม ถ้านักเรียนจำสูตรไม่ได้ นักเรียนลืมกฎ หรือสูตรนั้น นักเรียนก็จะไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ไว้ ดังนี้

1. เป็นวิธีการที่ใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา ส่งเสริมคุณค่าในการแสวงหาความรู้และคุณค่าทางอารมณ์ค่อนข้างน้อย
2. เป็นวิธีการที่ผู้สอนต้องเตรียมตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ดี มีความชัดเจนและหลากหลายให้ผู้เรียนฝึกทำ
3. ผู้เรียนบางส่วนอาจใช้วิธีท่องจำมากกว่าทำความเข้าใจอย่างแท้จริง ความจำจึงกลายเป็นเรื่องจำเป็นและเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าผู้เรียนลืมทฤษฎี กฎ สูตร ก็ไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้

ทศนา แคมณี (2562) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. เป็นวิธีสอนที่ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่าง/สถานการณ์/ปัญหาที่หลากหลายมาให้ผู้เรียนได้ฝึกทำ
2. เป็นวิธีสอนที่ขึ้นกับความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการนำเสนอ ทฤษฎี และหลักการ
3. เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนรู้ได้ช้า อาจจะตามไม่ทันเพื่อน และเกิดปัญหาในการเรียนรู้

จากข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า เป็นวิธีสอนสามารถใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา และไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดด้วยตนเอง นักเรียนต้องจำสูตรมาใช้ บางครั้งผู้เรียนก็ไม่เข้าใจ ซึ่งถ้านักเรียนลืมกฎหรือสูตร ก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้

กลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

หนังสือ Competent Problem for Introductory Physics Heller and Heller (2000 ; อ้างอิงจาก อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553 p.18-22) เป็นหนังสือที่ใช้ประกอบการสอนใน University of Minnesota ของ Kenneth Heller และ Patricia Heller ซึ่งหนังสือเล่มนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญคือ เพื่อเป็นแนวทางให้กับนักเรียนในการช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยได้นำเสนอกลวิธีในการแก้ปัญหาที่เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลซึ่งถือเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ นอกจากนี้ Kenneth Heller และ Patricia Heller ยังได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาไว้สรุปได้ว่า ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ถ้าเราสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาก่อนและมีความพร้อมที่จะแก้ปัญหาเราก็สามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่เช่นเดียวกับการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ หากเราสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาประกอบด้วยมีทักษะความรู้เดิมในการแก้โจทย์ปัญหาก็จะสามารถนำกลวิธีเหล่านั้นไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการแก้โจทย์ปัญหาก็ขึ้นอยู่กับความรู้ที่นำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องและหากมีกลวิธีแก้ปัญหาก็เป็นระบบอย่างเป็นขั้นตอนก็จะช่วยให้การแก้โจทย์ปัญหานั้นง่ายขึ้นและยังเป็นการช่วยตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ หลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น โดย

ขั้นตอนสำคัญของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจน โดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดงรายละเอียดของโจทย์ปัญหาว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร เหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับอะไรและจะดำเนินการต่อไปอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวความคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างหยาบๆ (Picture and Given Information)

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question)

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)

ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณ โดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้น โดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่จะต้องมีข้อมูลสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่างๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่างๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variable)

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด (Target Variable)

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นนี้คือต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนการแปลความหมายทางฟิสิกส์โดยการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะต้องอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จนกระทั่งหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Construct Specific Equations)

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ (Check for Sufficiency)

3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (Outline the Math Solution)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน (Execute the Plan)

ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่างๆ ในการสมการที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อดังต่อไปนี้ คือ

5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่ โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้ (Is Answer Properly Stated ?)

5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ (Is Answer Reasonable ?)

5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ (Is Answer Complete ?)

Heller & Heller (2010 ; อ้างอิงจาก วุฒิชัย จารุตัน, 2563 : 15-17) ได้อธิบายกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ (A Logical Problem – Solving Strategy) ไว้ว่าเป็นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการดำเนินการแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ นั้น หากนักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาก่อนและมีความพร้อมที่จะแก้ปัญหานั้นได้โดยใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ การแก้โจทย์ปัญหาพิลึกก็เช่นเดียวกัน หากนักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหา ประกอบกับการมีทักษะความรู้เดิมในการแก้ปัญหาก็จะสามารถนำวิธีการเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหานั้นได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาก็ขึ้นอยู่กับความรู้ที่นำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหานั้นถูกต้อง และถ้ามีวิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นระบบเป็นขั้นตอน ก็จะช่วยทำให้การแก้ปัญหานั้นง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จึงได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้และให้ความสำคัญกับแนวคิดหรือหลักการทางพิลึกที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหานั้น รวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนที่นำไปสู่ผลลัพธ์ของปัญหานั้น โดยขั้นตอนสำคัญของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) พิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการวาดรูปแสดงสถานการณ์ต่าง ๆ ของโจทย์ พร้อมอธิบายข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ถาม โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

1.1) วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์พร้อมระบุข้อมูลต่าง ๆ ลงบนรูปภาพ

1.2) ระบุสิ่งที่โจทย์บอกหรือกำหนดให้มา

1.3) ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา

2) อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นการอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา พร้อมทั้งเลือกสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1) อธิบายแนวคิดที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2.2) ระบุสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทุกสมการ

3) วางแผนแก้ปัญา (Plan the solution) เป็นขั้นการวางแผนโดยการเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาดังแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

4) ดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นการดำเนินการคำตอบตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการ และดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.1) แทนค่าตัวแปรลงในสมการ

4.2) คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

5) ประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาพร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

5.1) ตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหา โดยการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหาและมีหน่วยถูกต้องตามความต้องการของโจทย์

5.2) สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

5.3) ระบุหน่วยให้ถูกต้อง

รมิตา ชื่นเปรมชีพ และคณะ (2560) ได้กล่าวว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นกลยุทธ์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เพื่อให้รู้ถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวิธีการใช้ความรู้ในปัญหาที่มีเงื่อนไขต่างกันไปซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการและการประเมินการแก้ปัญหา การนำเอาความรู้ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์มาปรับใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชื่นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจนขึ้นด้วยการอธิบายโดยแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ว่า มีสิ่งใดบ้างที่กำหนดและสิ่งใดคือคำตอบที่ต้อง

2. ขั้นตอนอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัวแปรต่างๆ ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาจากปัญหาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ

3. ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการอธิบายในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

4. ขั้นตอนดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องหาคำตอบตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

5. ขั้นตอนประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องประเมินคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้องในการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ากลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์นั้นมีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนขึ้น โดยการอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยบๆ มีตัวแปรใดบ้างที่โจทย์กำหนดให้และตัวแปรใดคือคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้น ขั้นที่ 3 ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ ขั้นที่ 4 ขั้นตอนดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของตัวแปรที่ต้องการ และขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้องตรงตามที่โจทย์ถาม

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เนื่องจากกลวิธีนี้เหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะ กระบวนการคิดวิเคราะห์ที่เป็นระบบ เป็นลำดับขั้นตอนและยังสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีขั้นตอนสำคัญทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) ขั้นที่ 3 ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) ขั้นที่ 4 ขั้นตอนดำเนินการ

ตามแผน (Execute the Plan) และขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้นำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แทรกเข้าไปในขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ และขั้นฝึกปฏิบัติ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย มีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ ขั้นใช้ทฤษฎีหลักการ ขั้นตรวจสอบและสรุป และขั้นฝึกปฏิบัติ และวัดเป็นคะแนนได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในการเรียน เรื่อง เสี่ยง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1. ความหมายของปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวว่า ปัญหา หมายถึง สถานการณ์หรือสิ่งที่พบแล้ว ไม่สามารถใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556 ; อ้างอิงจาก Leighton and Stenberg, 2003 ; Krulik and Rudnick, 1996 ; Andre, 1986) ได้กล่าวถึง ความหมายของปัญหาว่าเป็นสถานการณ์ ข้อคำถาม ข้อสงสัย ที่เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถที่จะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที ต้องใช้กระบวนการหรือวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่า เป็นอุปสรรคหรือสิ่งที่ขัดขวางในการทำงาน โดยที่คนเราไม่สามารถแก้ไขได้ทันที จากสิ่งที่เคยเรียนรู้มา จึงต้องศึกษาสาเหตุของปัญหาให้ลึกซึ้ง เพื่อหาวิธีการหรือกระบวนการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหามหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรินันท์ (2542) ได้ให้ความหมายของปัญหาว่าเป็นช่องว่างหรือความแตกต่างระหว่างสภาพการณ์ปัจจุบันกับสถานการณ์ที่เราต้องการให้เกิดทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณ หรือตัวเลข เพื่อใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์โจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการ

จันทร์ขจร มะลิจันทร์ (2554 ; อ้างอิงจาก Adam , Ellis and Beeson, 1977) ได้กล่าวว่า ปัญหา คือ สถานการณ์ที่เป็นประโยคภาษา คำตอบที่เกี่ยวข้องกับปริมาณเชิงปัญหานั้นไม่ได้ระบุวิธีการหรือการดำเนินการในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ผู้แก้ปัญหาต้องค้นคว้าว่าจะใช้วิธีการใดเพื่อหาคำตอบของปัญหา

จากความหมายของปัญหาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ปัญหา หมายถึง สถานการณ์หรือประเด็นที่ก่อให้เกิดอุปสรรค ผู้ที่เมื่อเผชิญกับปัญหาจะไม่สามารถใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหาได้ทันที ซึ่งจะต้องวิเคราะห์ และค้นคว้าว่าจะใช้วิธีการใด เพื่อหาคำตอบของปัญหา

2. ความหมายของโจทย์ปัญหา

Anderson and Pingry (1973) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการแก้ไขหรือหาคำตอบซึ่งการแก้ปัญหาจะทำได้ดีต้องมีกระบวนการที่เหมาะสมใช้ความรู้และประสบการณ์ประกอบในการตัดสินใจ

Adams, Ellis and Beeson (1977) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง โจทย์ลักษณะภาษาเชิงเรื่องราวหรือโจทย์เชิงสนทนาที่บรรยายสภาพการณ์ด้วยถ้อยคำหรือข้อความและตัวเลข โดยต้องการคำตอบในเชิงปริมาณหรือตัวเลข ผู้แก้ปัญหามust ค้นหาว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้โจทย์ปัญหา

Lumsdaine (1995) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาหมายถึง โจทย์หรือสถานการณ์ที่มีข้อความหรือตัวเลข ที่ไม่สามารถหาลำดับได้ในทันที ต้องมีการแยกส่วนของโจทย์ เพื่อนำมาวิเคราะห์คำหรือข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหา นำมาคิดอย่างเป็นขั้นตอนและมีเหตุผล เพื่อวางแผนหาคำตอบ

นภดล แก้วเรือง (2550) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อความและตัวเลข พบได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้แก้จะต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผนและการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม

อารมณ จันทร์ลามา (2550) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ซึ่งมีข้อความ เป็นภาษาหนังสือหรือเรื่องราวที่ไม่สามารถหาลำดับได้ในทันทีทันใดต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบในเชิงปริมาณหรือตัวเลข ซึ่งต้องใช้ประสบการณ์ ความรู้ การวางแผน การตัดสินใจดำเนินการแก้ปัญหา โดยจะต้องแปลความหมายและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ

โสภณสิทธิ์ สุวรรณ (2554) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วยภาษาและตัวเลขที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้ที่คิดจะแก้ปัญหามust ใช้ทักษะการตีความโจทย์มาเป็นสัญลักษณ์ก่อน และจะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาดำเนินการ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

จากความหมายของโจทย์ปัญหา สรุปได้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อความหรือตัวหนังสือ และตัวเลขที่ไม่สามารถค้นหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งผู้แก้โจทย์ปัญหามust ใช้องค์ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจในการดำเนินการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการคิดหาคำตอบที่เหมาะสม

3. ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Belikov (1989) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง เป็นโจทย์ปัญหาที่ประกอบไปด้วยปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่มีปริมาณทางฟิสิกส์บางปริมาณที่ทราบค่า และมีบางปริมาณที่ไม่ทราบค่า

Redish & Kuo (2015) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นปัญหาที่มีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของปัญหานั้น ยากที่จะแก้ในทันที จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหา

Niss (2017) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน และจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องเป็นส่วนใหญ่

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไป ในแบบเรียนฟิสิกส์ตามปกติ ที่ใช้สำหรับการฝึกให้น้ำทฤษฎี หลักการ และสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้

จากความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ เป็นสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในทันที โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนนำ กฎ ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยอาศัยหลักคณิตศาสตร์เป็นฐานมาช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านฟิสิกส์หลายท่านได้อธิบายความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไว้ดังนี้

Krulik & Rudnick (1989) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ว่า กระบวนการที่แต่ละบุคคลใช้ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจที่ได้เรียนมาก่อนหน้า เพื่อตอบสนองความต้องการของสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย กระบวนการเริ่มต้นโดยการเผชิญกับปัญหา และเมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ นักเรียนต้องสังเคราะห์ความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ

Docktor et al. (2016) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการในการดำเนินการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการที่เหมาะสม โดยจำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคำนวณหาคำตอบ

ธัญกร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, หน้า 12) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ การดำเนินการหาคำตอบซึ่งขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความพร้อม ความสนใจ ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อมของแต่ละบุคคล

จากความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ กระบวนการที่แต่ละบุคคลจะนำความรู้ ประสบการณ์ และทักษะต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญมาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่ชี้ถึงผลลัพธ์ของการจัดการศึกษา ซึ่งนอกจากจะเป็น การพิจารณาความรู้ ความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนแล้ว ยังแสดงถึงความสามารถของ การจัดการเรียนรู้ ความสามารถของครูผู้สอน ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

อารีย์ วชิรวรกร (2542, หน้า 143) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางสมองและสติปัญญาของนักเรียน หลังจากที่ได้เรียนไปแล้วโดยใช้แบบทดสอบ

สุนีย์ ลิ้มรสสุคนธ์ (2544, หน้า 42) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมองหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือ ประสบการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละบุคคลสามารถวัดได้โดยการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

ปานใจ ไชยวรศิลป์ (2549, หน้า 16) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลรวมของมวลประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในด้านของ ทักษะ ความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกมาและสามารถที่จะวัดได้

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552, หน้า 76) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน หมายถึง คุณลักษณะและความรู้ความสามารถที่แสดงออกถึงความสำเร็จที่ได้จากการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ซึ่งสามารถวัดและคาดคะเนได้จากการทดสอบวิชาต่าง ๆ ซึ่งสามารถวัดได้จาก แบบทดสอบทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

วุฒิชัย ดานะ (2553, หน้า 56) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับความรู้ความสามารถและทักษะที่ได้รับและพัฒนาจากการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ โดยอาศัย เครื่องมือในการวัดผลหลังจากการเรียนการสอน

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ของ บุคคล สามารถสังเกตและวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียน โดยจะทำการวัดหลังจากการเรียนการสอนสิ้นสุดลง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวัด นั่นคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 15 - 20) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด โดยมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนเขียนตอบกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งมี 2 แบบ คือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่ดำเนินการสอบแบบมาตรฐาน การแปลคะแนนก็เป็นมาตรฐาน สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา และยอมรับในคุณภาพที่สามารถขยายอิงสู่ประชากรได้

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบจำลองสร้างตามจุดประสงค์ของครู ที่สอนเป็นคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นจึงเชื่อถือได้น้อยกว่าแบบทดสอบมาตรฐาน

แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น จะมีวิธีการในการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกัน เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้านเหมือนกัน ดังนี้

1. วัดด้านการนำไปใช้
2. วัดด้านการวิเคราะห์
3. วัดด้านการสังเคราะห์
4. วัดด้านการประเมินค่า

สมนึก ภัททิยธนี (2551, หน้า 63 - 82) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วว่ามีอยู่เท่าใด แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นเป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปในโรงเรียน

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์เช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน

ข้อคำถามของแบบทดสอบมาตรฐานจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น แต่ที่ต่างกันคือแบบทดสอบมาตรฐานต้องกำหนดมาตรฐานในการดำเนินการสอบ และการตรวจให้คะแนนเป็นอย่างเดียวกัน และที่ต่างกันอย่างเด่นชัดก็คือ มีเกณฑ์ปกติ (Norms) สำหรับเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ เพื่อแปลความหมายของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรีเขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกา ถูก - ผิด (True – False Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก เป็นแบบคงที่ และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก - ผิด ใช่ - ไม่ใช่ จริง - ไม่จริง เหมือนกัน - ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้ได้ใจความและถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำแต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบคำถามที่ต้องการ สั้น ๆ และกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยมีคำถามหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) จะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

3. คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังต่อไปนี้

3.1 ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำความเที่ยงตรงจึงเปรียบเสมือนหัวใจของการทดสอบ ลักษณะความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 4 ชนิด ดังนี้

3.1.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงกับเนื้อหาที่ได้ทำการสอน

3.1.2 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construction Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือวัดได้ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน

3.1.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่ วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงในชีวิตประจำวันหรือปัจจุบันของนักเรียน

3.1.4 ความเที่ยงตรงตามการพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของนักเรียน ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

3.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้คงที่คงความไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะทำการสอบใหม่อีกครั้งก็ตาม

3.3 ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบในกลุ่มผู้เข้าสอบด้วยกัน และไม่เปิดโอกาสให้ทำข้อสอบโดยการคาดเดา

3.4 ความลึกของคำถาม (Searching) หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อนั้นจะต้องไม่ถามผิวเผินหรือถามประเภทความรู้ความจำ แต่ต้องให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปคิดค้นแก้ปัญหาแล้วจึงตอบได้

3.5 ความยั่วยุ (Exemplary) หมายถึง แบบทดสอบที่นักเรียนทำด้วยความสนุก ไม่เบื่อหน่าย

3.6 ความจำเพาะเจาะจง (Definition) หมายถึง ข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทางคำถามตอบชัดเจนไม่คลุมเครือ ไม่แฝงกลเม็ดให้นักเรียนง

3.7 ความเป็นปรนัย (Objective) โดยมีสมบัติ 3 ประการ

3.7.1 ตั้งคำถามให้ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจความหมายตรงกัน

3.7.2 ตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน แม้ว่าจะตรวจหลายครั้งหรือตรวจหลายคน

3.7.3 แปลความหมายของคะแนนให้เหมือนกัน

3.8 ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อสอบมากพอประมาณ ใช้เวลาสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย จัดทำแบบทดสอบด้วยความประณีต ตรวจให้คะแนนได้รวดเร็ว รวมถึงสิ่งแวดล้อมในการสอบที่ดี

3.9 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกผู้เข้าสอบ แบบทดสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูง

3.10 ความยาก (Difficulty) ขึ้นอยู่กับทฤษฎีที่เป็นหลักยึด เช่น ตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ ข้อสอบที่ดีคือ ข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป หรือมีความยากพอเหมาะ ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์นั้นความยากง่ายไม่ใช่สิ่งสำคัญ สิ่งสำคัญอยู่ที่ข้อสอบนั้นได้วัดในจุดประสงค์ที่ต้องการวัดได้จริง

จากการศึกษาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพอสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ใช้ทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว ซึ่งมีทั้งแบบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน โดยแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นนั้นครูจะสร้างตามลักษณะเนื้อหาวิชานั้น ๆ และเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้านคือ วัดด้านการนำไปใช้ วัดด้านการ

วิเคราะห์ วัดด้านการสังเคราะห์ และวัดด้านการประเมินค่า และต้องเป็นแบบทดสอบที่ดีเพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินและสรุปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

การวิจัยเชิงทดลอง

ความหมายของการวิจัยเชิงทดลอง

หนังสือพื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน มนตรี วงษ์สะพาน (2563, หน้า 177-181) กล่าวว่า การออกแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) เป็นการวางแผนการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยมีการจัดกระทำตัวแปรทดลอง (ตัวแปรอิสระ) เพื่อวัดผลที่มีต่อตัวแปรตาม การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองมีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 2 ประการคือการสุ่ม (Randomization) และการจัดกลุ่มควบคุม (Control Group) ซึ่งหากนำมาใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาจะสามารถแบ่งการวิจัยเชิงทดลองออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

การวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs) เป็นการออกแบบการทดลองที่ไม่มีการสุ่มและไม่มีการจัดกลุ่มควบคุม ดังนั้นในการทดลองมีเพียงกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น และสมาชิกในกลุ่มไม่ได้มาโดยการสุ่ม

การวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Designs) เป็นการออกแบบการทดลองที่ไม่มีการสุ่มแต่มีการจัดกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ ดังนั้นในการทดลองจึงมีทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแต่สมาชิกในกลุ่มไม่ได้มาโดยการสุ่ม

การวิจัยเชิงทดลองแท้จริง (True-experimental Designs) เป็นการออกแบบการทดลองที่มีการสุ่มและมีการจัดกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ ดังนั้นในการทดลองจึงมีทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยสมาชิกในกลุ่มได้มาโดยการสุ่ม

ในการเขียนผังการทดลองขอใช้สัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อสื่อความหมายดังต่อไปนี้

- Group = กลุ่ม
- Ex = การทดลอง
- Co = การควบคุม
- E = กลุ่มทดลอง (Experimental Group)
- C = กลุ่มควบคุม (Control Group)
- R = การจัดดำเนินการแบบสุ่ม (Randomization)
- X = การจัดกระทำตามการทดลอง (Treatment)
- T1 = การวัดผลก่อนการทดลอง (Pretest)
- T2 = การวัดผลหลังการทดลอง (Posttest)

การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs)

การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นมีรูปแบบสำคัญ 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 กลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลเฉพาะหลังการทดลอง (The Single Group, Posttest – Only Design หรือ One – Shot Case Study)

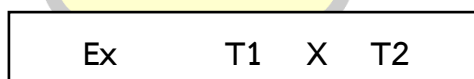
ผังการทดลอง



การวิจัยรูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวหลังจากได้รับการจัดกระทำตามโปรแกรม (X) แล้วมีการวัดผลหลังการทดลอง (T2) ข้อมูลที่ได้จึงมีเพียงค่าของตัวแปรตามหลังจากที่ได้รับการจัดกระทำตามโปรแกรมการทดลองรูปแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพมากนักเนื่องจากการทดลองนั้นไม่มีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและการเปรียบเทียบผล ดังนั้น ผลที่ได้อาจไม่ได้เกิดจากการทดลอง การวิเคราะห์ผลที่ใช้วิธีการบรรยายข้อมูลจาก Posttest เท่านั้น

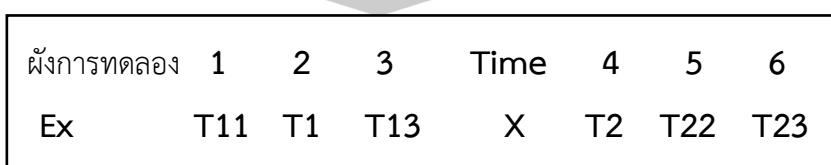
รูปแบบที่ 2 กลุ่มทดลองกลุ่มเดียว, วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (The Single Group, Pretest – Posttest Design)

ผังการทดลอง



การวิจัยรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวมีการวัดผลก่อนการทดลอง (T1) หลังจากการจัดกระทำตามโปรแกรม (X) แล้วมีการวัดผลหลังการทดลอง (T2) การทดลองรูปแบบนี้มีข้อดีคือมีความเที่ยงภายในเพราะสามารถเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลองแต่ก็มีข้อเสียคือไม่มั่นใจได้ว่าผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามมาจากตัวแปรอิสระอาจจะเป็นผลมาจากตัวแปรเกินก็ได้ การวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระหว่าง Pretest กับ Posttest โดยใช้ t-test

รูปแบบที่ 3 กลุ่มทดลองกลุ่มเดียว, วัดผลหลายครั้งก่อนและหลังการทดลอง (The Single Group, Pretest – Posttest Time Series Design)



การวิจัยรูปแบบที่ 3 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวแต่มีการวัดผลซ้ำตามช่วงเวลาที่กำหนดหลายครั้ง ทั้งก่อนและหลังจากการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงหรือความคงทนของข้อมูลที่ได้จะเป็นแบบอนุกรมเวลา (Time Series) เนื่องจากการวัดผลซ้ำหลายครั้งจะทำให้ทราบแนวโน้มของผลที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการทดลอง ดังนั้น กลุ่มทดลองที่ใช้จึงทำหน้าที่เป็นกลุ่มควบคุมสำหรับการเปรียบเทียบได้ด้วยตัวเองการทดลองลักษณะนี้เป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างเป็นระยะๆ ซึ่งต้องใช้เวลานานเพื่อดูแนวโน้มของพัฒนาการและไม่มีการควบคุม ซึ่งอาจมีแปรอื่นที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบผลสามารถใช้สถิติ ANOVA ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลได้

การออกแบบการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Designs)

การออกแบบการวิจัยกึ่งทดลองมีรูปแบบสำคัญ 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 4 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ไม่เท่าเทียมกันวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Non – Equivalent Control Group, Pretest – Posttest Design)

ผังการทดลอง

Ex	T1	X	T2
Co	T1	-	T2

การวิจัยรูปแบบที่ 4 นี้ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง (E) และกลุ่มควบคุม (C) แต่ขาดการจัดดำเนินการแบบสุ่มจึงอาจกล่าวไม่ได้ว่ากลุ่มควบคุมมีลักษณะเท่าเทียมกับกลุ่มทดลอง ดังนั้น จำเป็นต้องมีการวัดผลก่อนการทดลอง (Pretest ; T1 ,T12) เพื่อใช้ตรวจสอบความเท่าเทียมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแนวทางการวิเคราะห์ผล ใช้การเปรียบเทียบ Pretest กับ Posttest เพื่อดูความแตกต่างของผลการทดลองโดยใช้ t-test

รูปแบบที่ 5 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่เท่าเทียมกัน ดำเนินการวัดผลหลายครั้ง ทั้งก่อนและหลังการทดลอง (Non – Equivalent Control Group, Pretest – Posttest Time Series Design)

ผังการทดลอง

Ex	T11	T12	T13	X	T21	T22	T23
Co	T11	T12	T13	-	T21	T22	T23

การวิจัยรูปแบบที่ 5 นี้ประกอบด้วยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งมีการวัดผลตามช่วงเวลาที่กำหนดหลายๆ ครั้งทั้งก่อนและหลังการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้เป็นแบบอนุกรมเวลาทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและควบคุมการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบผลโดยใช้สถิติ ANOVA ในการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลได้

การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริง (True-experimental Designs)

การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริงมีรูปแบบสำคัญ 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 6 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่แท้จริงวัดผลเฉพาะหลังการทดลอง (True Control Group, Posttest – Only Design)

ผังการทดลอง

Ex	R	X	T2
Co	R	-	T2

การวิจัยรูปแบบที่ 6 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งสมาชิกของกลุ่มทั้งสองได้มาจากการสุ่ม (R) กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมน่าจะมีความเท่าเทียมกันจึงไม่จำเป็นต้องทำการวัดผลก่อนการทดลองรูปร่างง่ายสะดวกประหยัดต่อการนำไปใช้และเป็นประโยชน์ต่อการจัดดำเนินงานตามโปรแกรมที่ไม่สะดวกต่อการทำ Pretest หรือเมื่อคาดว่าจะการทำ Pretest จะส่งผลแทรกซ้อนต่อผลสัมฤทธิ์ของโปรแกรม การวิเคราะห์ผลโดยการเปรียบเทียบ Posttest ของทุกกลุ่มโดยใช้ t-test หรือ one-way ANOVA หรือ MANOVA ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวแปรตามในการทดสอบ

รูปแบบที่ 7 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่แท้จริง, วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (True Control Group, Pretest – Posttest Design)

ผังการทดลอง

Ex	R	T1	X	T2
Co	R	T1	-	T2

การวิจัยรูปแบบที่ 7 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งสมาชิกของกลุ่มทั้งสองได้มาจากการสุ่ม (R) มีการวัดผลก่อน (T1) และหลังการทดลอง (T2) การวัดผลก่อนการทดลองหรือ Pretest สามารถใช้เป็นตัวตรวจสอบความเท่าเทียมกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเริ่มการทดลองซึ่งมักกระทำในกรณีที่ไม่แน่นอนว่าการจัดดำเนินการแบบสุ่มจะบรรลุเป้าหมายอย่างสมบูรณ์ เช่น เมื่อจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมีขนาดเล็กเป็นต้น การวิเคราะห์

ผลเปรียบเทียบ Pretest โดยใช้สถิติ t-test หรือ ANOVA เพื่อดูความแตกต่าง เปรียบเทียบ Posttest โดยใช้สถิติ t-test หรือ ANOVA เพื่อดูผลการทดลอง ใช้ ANCOVA เปรียบเทียบ Posttest หรือ MANOVA ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวแปรตามในการทดสอบ

รูปแบบที่ 8 กลุ่มทดลองที่แท้จริงแบบโซโลมอน 4 กลุ่ม (Solomon four – Group Design)

ผังการทดลอง	E1	R	T1	X	T2
	C1	R	T1		T2
	E2	R		X	T2
	C2	R			T2

การวิจัยรูปแบบที่ 8 ออกแบบเพื่อให้เกิดความมั่นใจในความตรงภายในของการวิจัยเชิงทดลองจึงมีการเสนอให้ใช้กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม (E1, E2) และกลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม (C1, C2) เหมือนการนำรูปแบบที่ 6 และรูปแบบที่ 7 มารวมกัน การวิเคราะห์ผลใช้ ANOVA หรือ MANOVA ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวแปรตามในการทดสอบ

จากการศึกษาการวิจัยเชิงทดลองสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงทดลองเป็นการวิจัยที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของตัวแปรต่างๆ โดยมีการจัดกระทำกับตัวแปรที่เป็นเหตุ แล้วสังเกตดูว่าจะเกิดผลอย่างไร นอกจากนี้ยังมีการควบคุมสภาพการณ์บางอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องให้หมดไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังไม่มีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์หรือในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และ

เฮลเลอร์ 2) ศึกษาเจตคติต่อการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนตะโหมด จังหวัดพัทลุง จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบวัดความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.815 และแบบวัดเจตคติต่อการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.879 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบความแตกต่างโดยการทดสอบค่าที (t-test) ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีเจตคติต่อการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์หลังการสอนอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.77

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จำนวน 45 คน ทำการจัดการเรียนการสอน จำนวน 16 ชั่วโมง จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธัญญากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ได้ทำการศึกษาข้อบกพร่องของการแก้ไข้ปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้า ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่ลงทะเบียน

เรียนรายวิชาฟิสิกส์ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 49 คน โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องในการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน ส่วนนักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน มีข้อบกพร่องในการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วุฒิชัย จารุตัน (2563) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 จำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่า ในวงรอบที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.36 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 13 คน ในวงรอบที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.53 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 21 คน จะเห็นได้ว่าในแต่ละวงรอบนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น

งานวิจัยต่างประเทศ

Heller et al. (1992) ได้ศึกษาผลของการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือและการแก้โจทย์ปัญหาเป็นรายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ร่วมกับการเรียนรู้ร่วมมือแบบกลุ่ม มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยใช้โจทย์ปัญหาจำนวน 2 ข้อ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ร่วมกับการเรียนรู้ร่วมมือแบบกลุ่มมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล

Gaigher, Rogan, & Braun (2007) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหารายวิชาฟิสิกส์โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Heller Group ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการเขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) ขั้นแสดงข้อมูลต่างๆ ลง

ในแผนภาพ 3) ชั้นระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) ชั้นวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ 5) ชั้นการเขียนสมการสำหรับใช้ในการหาคำตอบ 6) ชั้นการแทนค่าตัวแปรเพื่อแก้สมการ และ 7) ชั้นแปลความหมายของคำตอบที่ได้ จากผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีพัฒนาการของกระบวนการคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในรายวิชาฟิสิกส์ได้

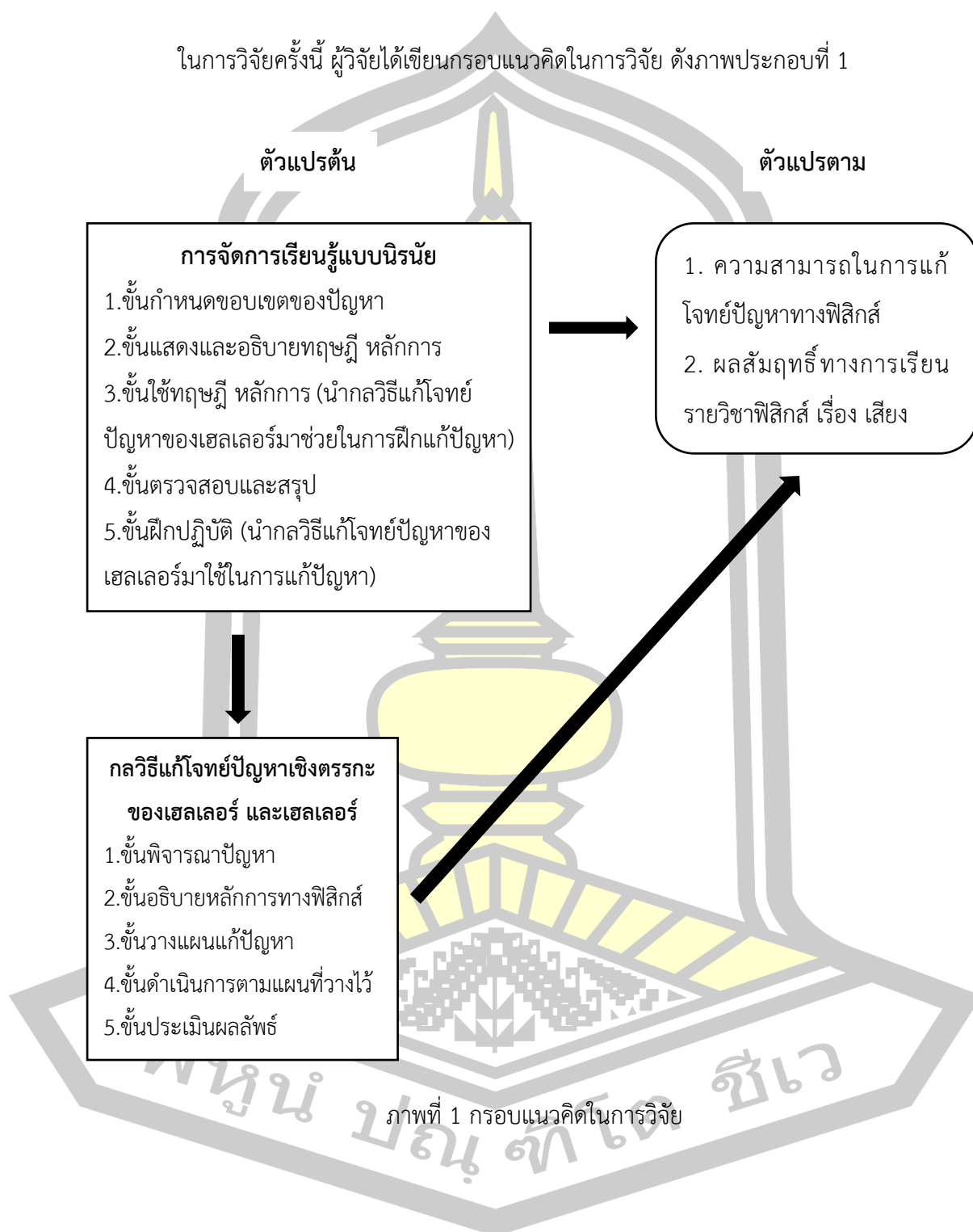
Gok & Silay (2008) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย โดยผู้สอนเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ทฤษฎี กฎ ข้อสรุปหรือหลักการต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นถึงให้ผู้เรียนนำทฤษฎี กฎ หลักการ หรือข้อสรุปที่ได้เรียนมาแล้วนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ และกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์สถานการณ์โจทย์ปัญหา ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ สามารถอธิบายได้นำกฎ ทฤษฎี หรือหลักการทางฟิสิกส์ได้มาใช้ในการอธิบายสถานการณ์ปัญหา การคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ และดำเนินการตามแผนที่วางไว้ได้ พร้อมระบุหน่วยของสิ่งที่โจทย์ถามได้อย่างถูกต้องดังนั้นผู้วิจัยจึงเชื่อมั่นว่าการจัดการเรียนแบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้

พูน ปณ จิต ชีเว

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เขียนกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. แบบแผนการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 73 คน ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียน แบบลดความสามารถของผู้เรียน เป็นแผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 37 คน โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการสอนตามแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง จำนวน 9 แผน จำนวน 14 ชั่วโมง

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เสียง แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้เข้าใจถึงเนื้อหาในการเรียน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

1.3 ศึกษาหน่วยการเรียนรู้จากหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสียง มาจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

1.4 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

พูน ปณ จิต ชเว

ตารางที่ 1 ตารางวิเคราะห์ลำดับแผน ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	อัตราเร็วของเสียง	เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว เกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของการแกว่งโยนพลังงานผ่านอนุภาควัสดุกลาง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น อัตราเร็วเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ คำนวณได้จากสมการ $v = 331 + 0.6T_C$	1.นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านอากาศและอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอัตราเร็วของเสียงในอากาศได้ 3.นักเรียนรับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	2
2	อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด	การสะท้อนของเสียง	การสะท้อนของเสียงเกิดขึ้นเมื่อเสียงตกกระทบผิวรอยต่อระหว่างตัวกลาง หรือตัวกลางชนิดเดียวกัน แต่คุณสมบัติต่างกัน การสะท้อนของเสียงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของคลื่น คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน $\theta_{\text{ตกกระทบ}} = \theta_{\text{มุมสะท้อน}}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติการสะท้อนของเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงได้ 3.นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	1

ตาราง 1 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
	การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง				
3	อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	การหักเหของเสียง	การหักเหของเสียง เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด หรือตัวกลางชนิดเดียวกัน แต่คุณสมบัติแตกต่างกัน โดยการหักเหของเสียงเป็นไปตามกฎการหักเหของคลื่น ดังกล่าว การหักเหของเสียงในอากาศจะเป็นไปตามสมการ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติการหักเหของเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของเสียงได้ 3.นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	2
4	อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง	การเลี้ยวเบนของเสียง	การเลี้ยวเบนเกิดขึ้นเมื่อเสียงเคลื่อนที่อ้อมผ่านมุม หรือขอบของสิ่งกีดขวางไปปรากฏด้านหลังของสิ่งกีดขวาง เสียงจะเลี้ยวเบนได้ดีเมื่อความกว้างของช่องเปิด	1.นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติการเลี้ยวเบนของเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยวเบนของเสียงได้	1

ตาราง 1 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
5	ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	การแทรกสอดของเสียง	เท่ากับความยาวคลื่น การแทรกสอดของเสียง เกิดจากคลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากัน และมีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน ทำให้เกิดเสียงดังและเสียงค่อยสลับกัน โดยตำแหน่งเสียงดังเป็นตำแหน่งที่คลื่นเสียงทั้งสองขบวนมีการซ้อนทับแบบเสริมกัน เรียกว่า ตำแหน่งปฏิัพ (antinode ; A) ตำแหน่งเสียงค่อยเป็นตำแหน่งที่คลื่นเสียงทั้งสองขบวนมีการซ้อนทับแบบหักล้างกัน เรียกว่า ตำแหน่งบัพ (node ; N) ปฏิบัติคำนวณได้จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ และบัพตำแหน่งได้จากสมการ $d \sin \theta = (1 - \frac{1}{2}) \lambda$	3.นักเรียนมีความไม่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน 1.นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติแทรกสอดของเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของเสียงได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตาราง 1 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
6	อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ความเข้มเสียง	กำลังเสียงเป็นอัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของหน้าคลื่นทรงกลมเรียกว่า ความเข้มเสียง คำนวณได้จากสมการ $I = \frac{P}{A}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความเข้มเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ความเข้มเสียงได้ 3.นักเรียนมีความไม่ใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	1
7	อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ระดับเสียง	ระดับเสียงเป็นปริมาณที่ใช้ในการบอก แทนความดังของเสียงแทนความเข้มเสียง คำนวณได้จากสมการ $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$	1.นักเรียนสามารถอธิบายระดับเสียงได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระดับเสียงได้ 3.นักเรียนมีความไม่ใฝ่เรียนและรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตาราง 1 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
8	ทดลอง และอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกต และอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	คลื่นนิ่งของเสียงในท่อ	คลื่นนิ่งของเสียงเกิดขึ้นเมื่อเสียงสองขบวนที่มีความถี่และอัตราเร็วเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกัน ตำแหน่งที่อยู่กับที่เรียกว่า บัพ จะเกิดการสลับกับตำแหน่งที่สั่นด้วยการกระจัดสูงสุดซึ่งเรียกว่า ปฏิบัพ คำนวณได้จากสมการ $f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{4L}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความถี่ของคลื่นนิ่งในท่อปลายเปิดได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความถี่ของคลื่นนิ่งในท่อปลายเปิดได้ 3.นักเรียนมีความไม่ใ้เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	1
9	ทดลอง และอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกต และอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ และคลื่นกระแทก	ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เป็นปรากฏการณ์มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง (ความถี่ของเสียง)เมื่อแหล่งกำเนิดและผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสัมพัทธ์ต่อกัน คำนวณได้จากสมการ $f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_s$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

1.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งหัวข้อหลักในแต่ละแผนประกอบไปด้วยสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรม/กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมแบบประเมินความเหมาะสมที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการเขียนแผนความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ เกณฑ์การวัดและประเมินผล และความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบประเมิน โดยอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กระชับ และสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดควรให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ผู้เรียนเคยพบเจอในชีวิตประจำวัน และปรับข้อคำถามของแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุม

1.7 ปรับปรุงแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วพร้อมแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องตามรูปแบบประเมินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย

1) รองศาสตราจารย์ ดร.พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การบริหารและพัฒนาการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม วุฒิการศึกษา วท.ด. (ฟิสิกส์) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

4) นางสาว ณปภัช สุวิสอน วุฒิการศึกษา กศ.ม. (หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

5) นาง ชวัลนุช ครองสนั่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

โดยเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนน ดังนี้

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

1.9 นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญหาค่าเฉลี่ยและเทียบกับเกณฑ์ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

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

โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีคะแนนประเมินเฉลี่ย 4.57 – 4.62 ซึ่งทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีระดับความเหมาะสมของแผนอยู่ที่ระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียงในอากาศ มีค่าเฉลี่ย 4.58 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.60 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การหักเหของเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.60 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเลี้ยวเบนของเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.57 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแทรกสอดของเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.60 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความเข้มเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.61 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ระดับเสียง มีค่าเฉลี่ย 4.59 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง คลื่นนิ่งของเสียงในท่อ มีค่าเฉลี่ย 4.62 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก มีค่าเฉลี่ย 4.62 หมายถึง มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด

1.10 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำมาทดลองใช้กับกลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ที่กำลัง ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 37 คน

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็น แบบอัตนัยตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง ครอบคลุมตาม เนื้อหาของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

ตารางที่ 2 จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
	ที่สร้าง	ที่ใช้
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วของเสียงในอากาศได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการหักเหของเสียงได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของเสียงได้	2	1

ตาราง 2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
	ที่สร้าง	ที่ใช้
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเข้มเสียงได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับระดับเสียงได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาการเกิดคลื่นนิ่งของเสียงในท่อปลายปิดและท่อปลายเปิดได้	2	1
นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ได้	2	1
รวม	16	8

2.1 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จากเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จากเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสังเคราะห์ขั้นตอนการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

2.3 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินการสอนรายวิชาฟิสิกส์จากเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ประจําหน่วยการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.5 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัยจำนวน 16 ข้อใช้จริง 8 ข้อ โดยครอบคลุมตามเนื้อหาของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การประเมินอ้างอิงองค์ประกอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ Heller, K. and Heller, P. (2000) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ไขทางฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้ไขของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

คะแนน ประเด็น	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
พิจารณาปัญหา	วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ได้ สอดคล้องพร้อมระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่ง ที่โจทย์ต้องการถามได้ถูกต้องครบถ้วน	วาดรูปสอดคล้องกับโจทย์และระบุสิ่งที่โจทย์ ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการถามผิดบางส่วน หรือระบุสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ถูกต้องครบถ้วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้องกับ โจทย์	วาดรูปได้สอดคล้องกับโจทย์ แต่ระบุสิ่งที่ โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการถามผิด หรือ ระบุสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการถามผิด บางส่วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปไม่สอดคล้องกับโจทย์ และระบุสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่ โจทย์ต้องการถามผิดทั้งหมด
อธิบายหลักการฟิสิกส์	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้อง ครอบคลุมพร้อมระบุสมการที่ใช้ได้ ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้อง ครอบคลุมแต่ระบุสมการผิด หรือระบุสมการ ได้ถูกต้องครบถ้วนและอธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุม	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ ครอบคลุมและระบุสมการผิด หรือเขียน อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องแต่ระบุ สมการที่ใช้ได้ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่ สอดคล้องและระบุสมการที่ใช้ ผิด
วางแผนแก้ปัญหา	เขียนลำดับการแก้ปัญหาได้อย่าง ละเอียด สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ละเอียด แต่ สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ละเอียด มีส่วนที่ จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ได้อย่างถูกต้อง	ไม่เขียนลำดับการแก้ปัญหา หรือไม่มีส่วนซึ่งนำไปสู่การ แก้ปัญหาเลย
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้และ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่ วางไว้และการดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ผิด
ประเมินผลลัพธ์	สรุปคำตอบได้สอดคล้องครอบคลุมและ ระบุหน่วยถูกต้อง	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่ครอบคลุมและ ระบุหน่วยถูกต้อง หรือสรุปคำตอบได้ สอดคล้องครอบคลุมแต่ระบุหน่วยผิด	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่ครอบคลุมและ ระบุหน่วยผิดหรือระบุหน่วยถูกต้องแต่สรุป คำตอบไม่สอดคล้อง	สรุปคำตอบไม่สอดคล้องและ ระบุหน่วยผิด

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องของโจทย์ปัญหาและแบบประเมิน

2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

2.8 นำแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 1 เมื่อแน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.9 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าเท่ากับ 0.60 – 1.00 ซึ่งผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.60 – 1.00 แสดงว่าโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และคัดข้อสอบที่เป็นตัวแทนของแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้

2.10 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข

2.11 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว จำนวน 16 ข้อ นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 36 คน

2.12 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามาวิเคราะห์หาค่าความยาก ระหว่าง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.2 – 0.8 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.45 – 0.65 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.39 – 0.63

2.13 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คัดเลือกจำนวน 8 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ค่าความเชื่อมั่น ตั้งแต่ 0.70 – 1.00 ผล

ปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเท่ากับ 0.87

2.14 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ฉบับจริง จำนวน 8 ข้อ ที่ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 37 คน

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3.1 ศึกษาเนื้อหาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์ทางการเรียน และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

3.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้โดยเป็นลักษณะของข้อสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ

3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

3.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ ไปเสนอผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item objective congruence) โดยหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง โดยเกณฑ์พิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

+1	เมื่อแน่ใจว่า	แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
0	เมื่อไม่แน่ใจว่า	แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
-1	เมื่อแน่ใจว่า	แบบทดสอบไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

โดยต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ถือว่าเป็นข้อคำถามที่มีความสอดคล้องจึงนำไปใช้ได้

3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยทดลองใช้ (Try out) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 36 คน

โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ข้อใจตอบถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

ข้อใดตอบผิด ให้ 0 คะแนน

3.7 ทำการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาค่าความยากและอำนาจจำแนก B-Index ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเลือกข้อสอบเพื่อนำมาใช้เก็บข้อมูล จำนวน 20 ข้อ ที่มีค่าความยากของข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.33 - 0.69 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.28 - 0.61

3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เลือกไว้ 20 ข้อ มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ตามวิธีการของโลเวท (Lovett) โดยค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.7 - 1.0 (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 288) ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.84

3.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ฉบับจริงจำนวน 20 ข้อ แล้วนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง จังหวัดร้อยเอ็ด ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 37 คน

แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Pre - Experimental Research) แบบ One Group Pretest-Posttest Only Design (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2554) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 4 แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Only Design

ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
Pre-test	Treatment	Post-test
T ₁	X	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T ₁	แทน	การทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนเรียน
X	แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
T ₂	แทน	การทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ปฐมนิเทศชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
2. ทำการทดสอบนักเรียนก่อนเริ่มดำเนินการสอนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แบบอัตนัยจำนวน 8 ข้อ
3. ดำเนินการสอนตามรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จำนวน 9 แผน เป็นระยะเวลา 14 ชั่วโมง
4. ระหว่างดำเนินการสอนนักเรียนจะมีการเก็บคะแนนระหว่างเรียนจากแบบฝึกหัดและใบงานเป็นรายบุคคลในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
5. เมื่อดำเนินการสอนจนครบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรียบร้อยแล้วจากนั้นทำการวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
6. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จำนวน 8 ข้อ เรื่อง เสียง ชุดเดียวกันกับก่อนเรียน
7. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรวมและจำแนกชั้นตอน โดยใช้การทดสอบที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t-test)
2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบที่แบบกลุ่มเดียว (One Samples t-test)
3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบที่แบบกลุ่มเดียว (One Samples t-test)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าร้อยละ (Percentage) คำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น.122)

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ
f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Validity) คำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น.126)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
 x_i แทน คะแนนของกลุ่มตัวอย่างคนที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 37$
n แทน จำนวนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

3. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น.126)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ค่าความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) มีสมการในการหาดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา.2558 : 118)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับตัวชี้วัด
 $\sum R$ แทน ผลรวมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตาม วิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) (ไพศาล วรคำ, 2564, หน้า 288)

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach
 k แทน จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม i

6. ดัชนีค่าความยาก (P_E) โดยคำนวณจากสูตร (มนตรี วงษ์สะพาน. 2563 : 251)

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

เมื่อ P_E แทน ค่าดัชนีความยาก
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

7. ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) โดยคำนวณจากสูตร (มนตรี วงษ์สะพาน. 2563 : 251)

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

เมื่อ D แทน ค่าดัชนีความยาก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์

8. ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ โดยการหาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและจุดประสงค์ จากสูตรต่อไปนี้ (ไพศาล วรคำ, 2564, น. 269)

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

เมื่อ IOC แทน เป็นดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน เป็นคะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
ประเมินในแต่ละข้อ

N แทน เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

โดยแปลงระดับความสอดคล้องเป็นคะแนน ดังนี้

สอดคล้อง มีคะแนนเป็น +1

ไม่แน่ใจ มีคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง มีคะแนนเป็น -1

9. ค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายข้อคำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

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

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากของแบบทดสอบ
	$\sum R$	แทน	จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูกต้องทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

10. ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (B) ตามวิธีของเบรนนัน (Brennan) ใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	U	แทน	จำนวนผู้ที่สอบผ่านเกณฑ์ที่ต้องตอบถูก
	L	แทน	จำนวนผู้ที่ไม่สอบผ่านเกณฑ์ที่ต้องตอบถูก
	N_1	แทน	จำนวนผู้สอบผ่านเกณฑ์
	N_2	แทน	จำนวนผู้สอบไม่ผ่านเกณฑ์

11. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามวิธีของโลเวท (Lovett) (มนตรี วงษ์สะพาน. 2563 : 250)

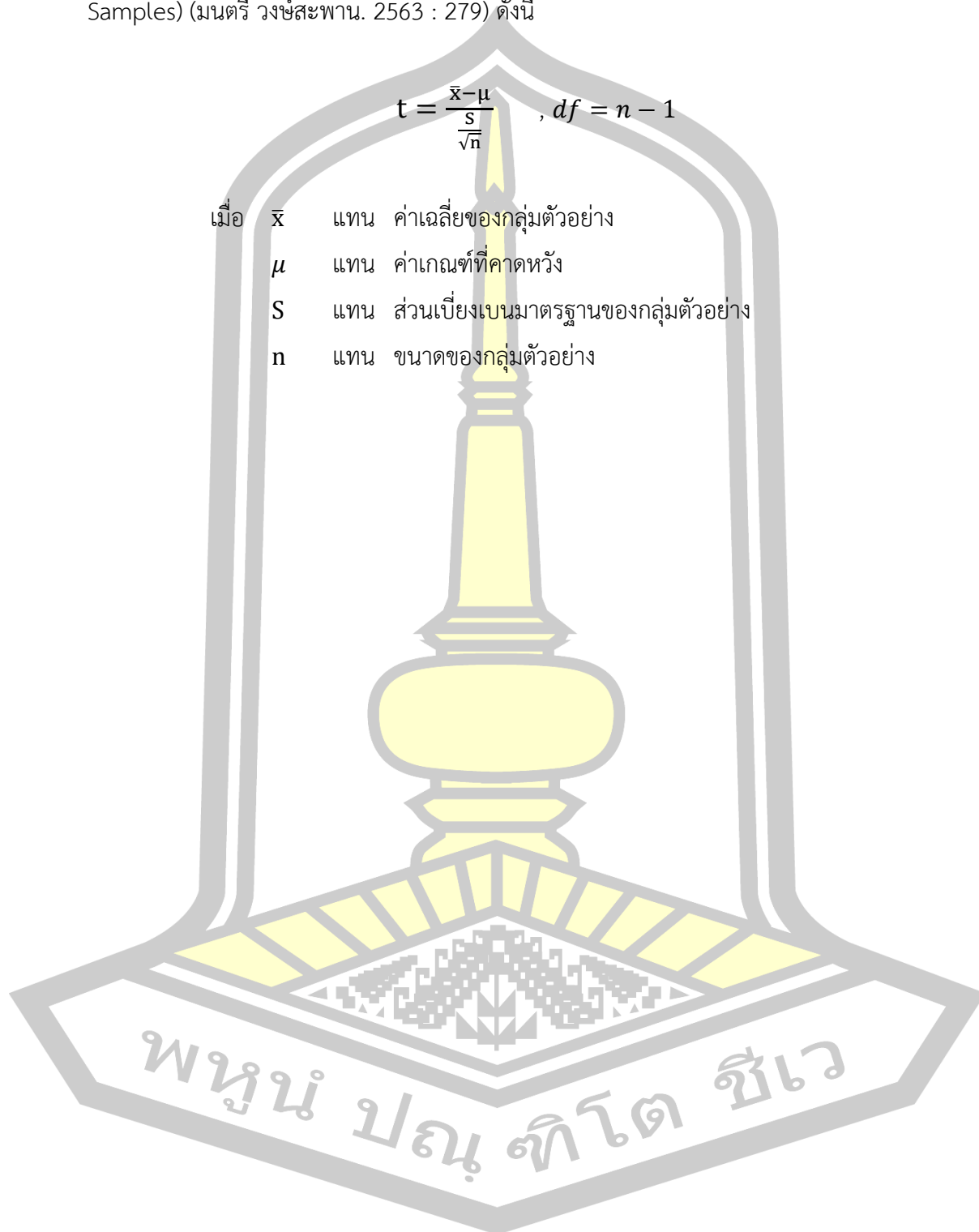
$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum x_i - \sum x_i^2}{(K - 1) \sum (x_i - C)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	x_i	แทน	คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน
	C	แทน	คะแนนเกณฑ์เป้าหมายที่ต้องการ

12. การทดสอบอิงเกณฑ์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สูตร t-test (t-test One Samples) (มนตรี วงษ์สะพาน. 2563 : 279) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}, df = n - 1$$

เมื่อ $\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
μ	แทน	ค่าเกณฑ์ที่คาดหวัง
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Pre - Experimental Research) มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องเสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการสื่อความหมายของข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

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

พจนานุกรมศัพท์ชีว

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรวม

การทดสอบ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	(df)	(t)	p (1-tailed)
ก่อนเรียน	37	33.84	15.18	36	26.854*	0.00
หลังเรียน	37	87.95	13.68	36		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.84 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 87.95 เมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์โดยจำแนกตามขั้นตอนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา 2) ขั้นตอนิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4) ขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้ และ 5) ขั้นประเมินผลลัพธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามขั้นตอน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามขั้นตอน

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหา เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	(n)	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		(t)	p (1-tailed)
			($\bar{X}$)	(SD)	($\bar{X}$)	(SD)		
1. ขั้นพิจารณาปัญหา	37	24	8.89	3.46	17.38	3.57	14.032*	.002
2. ขั้นตอนิบายหลักการทางฟิสิกส์	37	24	7.16	4.42	20.84	2.95	19.167*	.014
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	37	24	6.78	3.72	16.24	4.45	14.840*	.000
4. ขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้	37	24	6.86	4.36	19.68	3.95	20.164*	.000
5. ขั้นประเมินผลลัพธ์	37	24	4.14	2.46	13.81	4.34	14.975*	.003

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในแต่ละขั้นตอนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกตามขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา 2) ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4) ขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5) ขั้นประเมินผลลัพธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์

ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกตามขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหา เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่างของ คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน	ลำดับร้อยละของ ค่าเฉลี่ยคะแนน พัฒนาการ
	$\bar{x}$ ร้อยละ	$\bar{x}$ ร้อยละ		
1. ขั้นพิจารณาปัญหา	37.04	72.42	35.38	5
2. ขั้นตอนอธิบายหลักการ ทางฟิสิกส์	29.83	86.83	57.00	1
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	28.25	67.67	39.42	4
4. ขั้นตอนดำเนินการตาม แผนที่วางไว้	28.58	82.00	53.42	2
5. ขั้นประเมินผลลัพธ์	17.25	57.54	40.29	3

จากตารางที่ 7 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิง

ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสามารถเรียงลำดับขั้นตอนที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุดได้ดังนี้ 1) ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 2) ขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ 3) ขั้นตอนประเมินผลลัพธ์ 4) ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา และ 5) ขั้นตอนพิจารณาปัญหา ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 8

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง เสียง แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	คะแนน (คะแนนเต็ม 120 คะแนน)	ร้อยละ %
1	72	60
2	90	75
3	86	72
4	69	58
5	70	58
6	60	50
7	92	77
8	60	50
9	80	67
10	66	55
11	102	85

ตาราง 8 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน (คะแนนเต็ม 120 คะแนน)	ร้อยละ %
12	80	67
13	85	71
14	92	77
15	104	87
16	84	70
17	90	75
18	98	82
19	102	85
20	110	92
21	88	73
22	114	95
23	96	80
24	92	77
25	84	70
26	98	82
27	76	63
28	86	72
29	94	78
30	64	53
31	86	72
32	94	78
33	100	83
34	104	87
35	88	73
36	100	83
37	98	82
เฉลี่ย	87.95	73.28

ตารางที่ 9 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน (n)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (X)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เกณฑ์ (μ)	(df)	(t)	p (1-tailed)
หลังเรียน	37	120	87.95	13.68	84	36	1.754*	.044

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 87.95 คิดเป็นร้อยละ 73.28 เมื่อทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ได้แก่ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา 2) ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4) ขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5) ขั้นประเมินผลลัพธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70



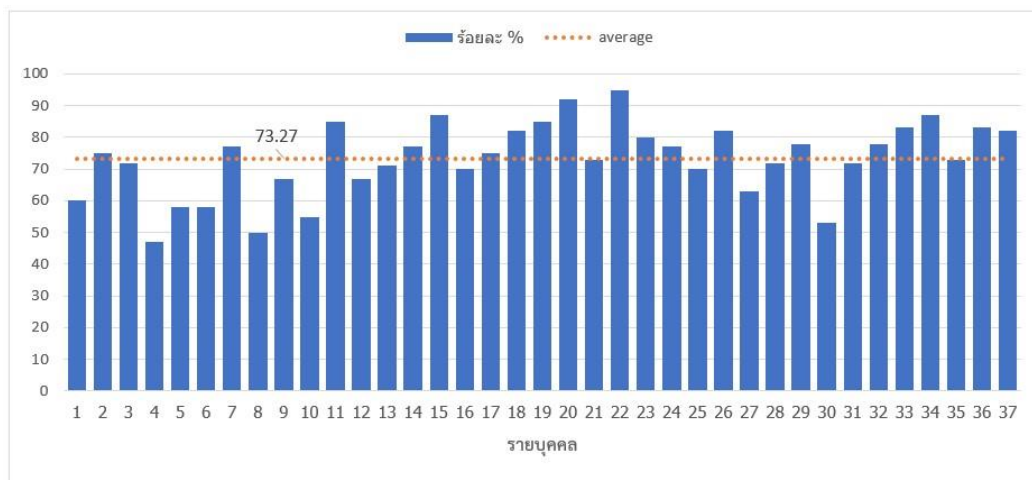
ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธี
แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง
เสียง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮล
เลอร์ และเฮลเลอร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิง ตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์	(n)	คะแนน รวม	เกณฑ์ ร้อยละ 70	หลังเรียน			(t)	p (1-tailed)
				($\bar{X}$)	(SD)	$\bar{X}$ ร้อยละ		
1. ขั้นพิจารณาปัญหา	37	24	16.8	17.38	3.57	72.41	.983	.166
2. ขั้นอธิบายหลักการ ทางฟิสิกส์	37	24	16.8	20.84	2.95	86.83	8.303*	.000
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	37	24	16.8	16.24	4.45	67.67	-.760	.226
4. ขั้นดำเนินการตาม แผนที่วางไว้	37	24	16.8	19.68	3.95	82.00	4.427*	.000
5. ขั้นประเมินผลลัพธ์	37	24	16.8	13.81	4.34	57.54	-4.185	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 10 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์
ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ
70 ดังนี้ ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.84 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.83
และขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.68 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.00 โดย
ทั้งสองขั้นนี้มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายบุคคล

จากภาพประกอบที่ 2 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 87.95 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.27 โดยคะแนนสูงที่สุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 95 และคะแนนต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 50 โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 72.97 และมีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาลดต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 27.03

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนน แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	คะแนน (เต็ม 20 คะแนน)	ร้อยละ
1	16	80
2	17	85
3	14	70
4	16	80
5	16	80
6	12	60
7	12	60
8	15	75
9	19	95
10	16	80
11	17	85
12	16	80
13	15	75
14	11	55
15	15	75
16	17	85
17	13	65
18	17	85
19	17	85
20	15	75
21	13	65
22	16	80
23	9	45

ตาราง 11 (ต่อ)

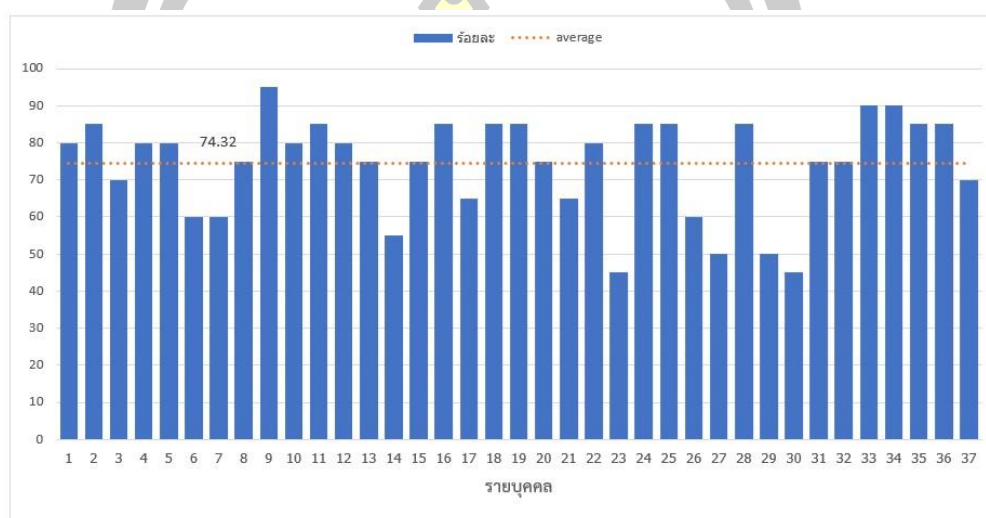
เลขที่	คะแนน (เต็ม 20 คะแนน)	ร้อยละ
24	17	85
25	17	85
26	12	60
27	10	50
28	17	85
29	10	50
30	9	45
31	15	75
32	15	75
33	18	90
34	18	90
35	17	85
36	17	85
37	14	70
เฉลี่ย	14.86	74.32

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ
กลยุทธ์แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การ ทดสอบ	จำนวน (<i>n</i>)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (<i>SD</i>)	เกณฑ์ (μ)	(<i>df</i>)	(<i>t</i>)	p (1-tailed)
หลังเรียน	37	14.86	2.65	14	36	1.979*	.028

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 พบว่า หลังนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกลวิธี แก่โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 14.86 คิดเป็นร้อยละ 74.32 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายบุคคล

ภาพประกอบที่ 3 แผนภูมิแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

จากภาพประกอบที่ 3 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 95 และคะแนนต่ำสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 45 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 70.27 และมีนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 29.72

ตัวอย่างชิ้นงานความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิง
ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์อ้างอิงตามเกณฑ์ของ วุฒิชัย จารุตัน

โดยคำตอบของนักเรียนสะท้อนถึงพฤติกรรมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละ
องค์ประกอบ ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและวาดแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และ
เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 3 คะแนน

คำตอบของนักเรียน สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เวลา $t = 4$ วินาที มุม $\theta = 60$ องศา สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ความลึกจากผิวน้ำ		คำตอบที่ถูกต้อง เขียนแผนภาพแสดง เหตุการณ์คร่าว ๆ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เวลา $t = 4$ วินาที มุม $\theta = 60$ องศา สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ความลึกจากผิวน้ำ $h = ?$
---	--	---

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นพิจารณาปัญหา 3 คะแนน

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและวาดแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียน
ข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและสามารถ
เขียนแผนภาพคร่าว ๆ ได้ เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้
ถูกต้อง นักเรียนจะได้รับ 2 คะแนน

คำตอบของนักเรียน

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$f = 200 \text{ Hz}$

$v = 400 \text{ m/s}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

อยากทราบว่าบน

เส้นตรงเชื่อมระหว่าง

ลำโพงทั้งสองมีแนว

ข้อที่ 1 : พิจารณาปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ระยะห่างลำโพง $d = 5 \text{ m}$

$f = 200 \text{ Hz}$

$v = 400 \text{ m/s}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

บนเส้นตรงเชื่อมระหว่างลำโพงทั้งสองมีแนว

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์คร่าว ๆ

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ความถี่ $f = 200 \text{ Hz}$

ความเร็ว $v = 400 \text{ m/s}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

แนวบัพเกิดขึ้นกี่แนว $n = ?$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นพิจารณาปัญหา 2 คะแนน

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและวาดแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพคร่าว ๆ ได้ แต่ไม่สามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและข้อมูลที่โจทย์ให้มาได้ นักเรียนจะได้รับ 1 คะแนน

คำตอบของนักเรียน

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$f = 200 \text{ Hz}$

อุณหภูมิ $T(C) = 25$ องศาเซลเซียส

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ความยาวคลื่นเสียง

ข้อที่ 1 : พิจารณาปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ความถี่ $f = 200 \text{ Hz}$

อุณหภูมิ $T(C) = 25$ องศาเซลเซียส

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ความยาวคลื่นเสียง

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์คร่าว ๆ

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ความถี่ $f = 200 \text{ Hz}$

อุณหภูมิ $T(C) = 25 \text{ C}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ความยาวคลื่นเสียง $\lambda = ?$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นพิจารณาปัญหา 1 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่สามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและวาดแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาได้ นักเรียนจะได้รับข้อละ 0 คะแนน

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปเพื่อแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

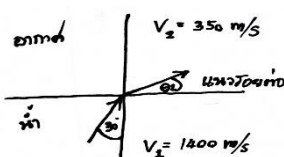
สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. อัตราเร็วเสียงในน้ำ $v_1 = 1,400$ m/s

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์
คร่าว ๆ



สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

มุมตกกระทบ $\theta_1 = 30$ องศา

$v_1 = 1400$ m/s, $v_2 = 350$ m/s

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

มุมหักเห $\theta_2 = ?$

ตัวอย่างชิ้นงานพิจารณาปัญหา 0 คะแนน

2. ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนหลักการ กฎ หรือทฤษฎี และสามารถเขียนระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 3 คะแนน

คำตอบของนักเรียน

หลักการ ทฤษฎี

แนวคิดทางฟิสิกส์

การแทรกสอดของเสียง

ระบุสมการที่ใช้

$$1. v = f\lambda$$

$$2. d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการ ทฤษฎี หรือ แนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

การแทรกสอดของเสียง

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

$$① v = f\lambda$$

$$② d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

③

คำตอบที่ถูกต้อง

หลักการ ทฤษฎี แนวคิด
ทางฟิสิกส์

การแทรกสอดของเสียง

ระบุสมการที่ใช้

$$1. v = f\lambda$$

$$2. d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3 คะแนน

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนหลักการ กฎ หรือทฤษฎี แต่ไม่สามารถเขียนระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 2 คะแนน

<u>คำตอบของนักเรียน</u> หลักการ ทฤษฎี แนวคิดทางฟิสิกส์ <u>ความเข้มเสียง</u> ระบุสมการที่ใช้ 1. $I = \frac{P}{4\pi r^2}$	ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ หลักการ ทฤษฎี หรือ แนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา <u>ความเข้มเสียง</u> ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ) $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ ②	<u>คำตอบที่ถูกต้อง</u> หลักการ ทฤษฎี แนวคิด ทางฟิสิกส์ <u>ความเข้มเสียง</u> ระบุสมการที่ใช้ 1. $I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$
---	--	---

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 2 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่สามารถเขียนหลักการ กฎ หรือทฤษฎี และไม่สามารถเขียนระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 1 คะแนน

<u>คำตอบของนักเรียน</u> หลักการ ทฤษฎี แนวคิด ทางฟิสิกส์ <u>การสะท้อน</u> ระบุสมการที่ใช้ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$	ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ หลักการ ทฤษฎี หรือ แนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา <u>การหักเหของแสง</u> ① ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ) $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$	<u>คำตอบที่ถูกต้อง</u> หลักการ ทฤษฎี แนวคิดทาง ฟิสิกส์ <u>การหักเหของแสง</u> ระบุสมการที่ใช้ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$
--	---	---

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 1 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่สามารถเขียนหลักการ กฎ หรือทฤษฎี และไม่สามารถเขียนระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณได้ นักเรียนจะได้รับข้อละ 0 คะแนน

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์
หลักการ ทฤษฎี หรือ แนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

คำตอบที่ถูกต้อง
หลักการ ทฤษฎี แนวคิดทางฟิสิกส์
การสะท้อนของเสียง
ระบุสมการที่ใช้

1. $v = f\lambda$
2. $v = \frac{s}{t}$

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 0 คะแนน

3. ขั้ววางแผนแก้ปัญหา

เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 3 คะแนน

คำตอบของนักเรียน
เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ
หา S จากสูตร $s = vt$
หาระยะทางจาก
 $\cos 60 = \frac{x}{3000}$ และ
หาความสูงจาก
 $\sin 30 = \frac{h}{3000}$

3

คำตอบที่ถูกต้อง
เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ
หาระยะทางขาไป S จากสูตร $s = vt$ จากนั้นหาความลึกของปลาจากจากผิวน้ำจากสมการ $\sin 30 = \frac{h}{3000}$

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3 คะแนน

เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนไม่เขียนแนวทางในการหาคำตอบแต่นักเรียนเขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นักเรียนจะได้รับข้อละ 2 คะแนน

คำตอบของนักเรียน

เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ

โจทย์กำหนด d, v, f

3.1 เลือกใช้สมการ $v = f\lambda$

และ $d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$

3.2 นำตัวแปร d, v, f แทนค่าในสมการ

ข้อที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

สิ่งที่กำหนด d, v, f

3.1 เลือกใช้สมการ $v = f\lambda, d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$

3.2 นำตัวแปร d, v, f แทนค่าในสมการ

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ

โจทย์กำหนด d, v, f

1. หาความยาวคลื่น λ นำตัวแปร v, f แทนค่าในสมการ

$v = f\lambda$

2. หาแนวบัพที่เกิดขึ้น โดยแทนตัวแปร λ, d แทนค่าในสมการ $d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นวางแผนแก้ปัญหา 2 คะแนน

เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถหาแนวทางในการหาคำตอบได้ เช่น นักเรียนไม่เขียนแนวทางในการหาคำตอบแต่นักเรียนเขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นักเรียนจะได้รับข้อละ 1 คะแนน

คำตอบของนักเรียน

เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ

แทนค่าตัวแปร T_c ใน

$v = 331 + 0.6T_c$

v, t แทน $v = f\lambda$

ข้อที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

แทนค่า T_c ใน $v = 331 + 0.6T_c$

ใช้สมการ $v = f\lambda$

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ

โจทย์กำหนด T_c มาให้ แทนค่า T_c ในสมการ $v = 331 + 0.6T_c$ เพื่อหาความเร็ว v จากนั้นนำตัวแปร v, f แทนค่าในสมการ $v = f\lambda$ เพื่อหาค่าของความยาวคลื่น λ

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นวางแผนแก้ปัญหา 1 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่สามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบ นักเรียนจะได้รับข้อละ 0 คะแนน

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

คำตอบที่ถูกต้อง

เขียนเรียงลำดับขั้นตอนในการ
แก้ปัญหามาได้มาซึ่งคำตอบ
โจทย์กำหนด P, r มาให้ หาความเข้ม
เสียง I โดยแทนค่า P, r ลงในสมการ

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นวางแผนแก้ปัญหา 0 คะแนน

4. ขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้

เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งระบุหน่วยได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 3 คะแนน

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ให้ $v = 1500 \text{ (m/s)}$ (ระยะทางเรือถึงตอม)

(ครึ่งปี 60°) $= \frac{1000}{2} = 3000 \text{ m}$

$$\sin 60^\circ = \frac{h}{3000}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{h}{3000}$$

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} (3000)$$

$$h = 2595 \text{ m}$$

$$h = 2.595 \text{ km}$$

③

คำตอบที่ถูกต้อง

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วย)

แทน v, t ในสมการ $S=vt$

$$S=(1500)(2)$$

$$S= 3000 \text{ m}$$

หาความลึกของปลาจากผิวน้ำจากสมการ

$$\sin \theta = \frac{h}{3000} \text{ แทนค่าจะได้}$$

$$\sin 60^\circ = \frac{h}{3000} \quad h = \frac{\sqrt{3}}{2} (3000)$$

$$\text{ตอบ } h = 2.595 \text{ km}$$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ 3 คะแนน

เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่คำตอบยังไม่สมบูรณ์ และไม่ได้ระบุหน่วย นักเรียนจะได้รับข้อละ 2 คะแนน

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้
ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

$$v = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{400}{200}$$

$$\lambda = 2$$

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$5 \sin 90^\circ = \left(n - \frac{1}{2}\right) 2$$

$$\frac{5(1)}{2} = n - \frac{1}{2}$$

$$\frac{5}{2} = n - 1$$

$$5 + 1 = n$$

$$6 = n$$

∴ 1 แถวสีฟ้ามี 2 ช่อง $n = 6 \times 2 = 12$

คำตอบที่ถูกต้อง

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วย)

$$v = f\lambda \quad d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad 5 \sin 90^\circ = \left(n - \frac{1}{2}\right) 2$$

$$\lambda = \frac{400}{200} \quad \frac{5(1)}{2} = n - \frac{1}{2}$$

$$\lambda = 2 \text{ m} \quad n = 6$$

หาแนวสีฟ้าทั้งหมดจากสมการ $2n$ แทนค่าจะ

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ 2 คะแนน

เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ ไม่มีการระบุหน่วย เช่น นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ แต่คำตอบไม่ถูกต้อง และไม่ได้ระบุหน่วย นักเรียนจะได้รับข้อละ 1 คะแนน

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

$$v = \frac{s}{t}$$

$$1500 = \frac{s}{4}$$

$$3000 = s$$

$$3000 = 5$$

$$x = 5 \cos 60^\circ$$

$$= \frac{1500}{2}$$

$$= 750 \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$= 375 \text{ m}$$

$$y = 5 \sin 60^\circ$$

$$= 3000 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$= 1500 \sqrt{3} \text{ m}$$

$$= 2595 \text{ m}$$

คำตอบที่ถูกต้อง

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วย)

แทน v, t ในสมการ $S = vt$

$$S = (1500)(2)$$

$$S = 3000 \text{ m}$$

หาความลึกของปลาจากผิวน้ำจากสมการ

$$\sin \theta = \frac{h}{3000} \text{ แทนค่าจะได้}$$

$$\sin 60^\circ = \frac{h}{3000} \quad h = \frac{\sqrt{3}}{2} (3000)$$

$$\text{ตอบ } h = 2.595 \text{ km}$$

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ 1 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ ไม่มีการระบุหน่วย จะได้รับข้อละ 0 คะแนน

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

คำตอบที่ถูกต้อง

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วย)

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad \frac{1400}{350} = \frac{\sin 30}{\sin \theta_2}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{350}{2 \times 1400} \quad \sin \theta_2 = 0.125$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.125) \quad \theta_2 = 7.18$$

ตอบ มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 7.18 องศา

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ 0 คะแนน

5. ขั้นประเมินผลลัพท์

เมื่อนักเรียนตรวจสอบคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องได้สมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 3 คะแนน

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพท์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

ตรวจสอบการหา V

$$346 \div 331 = 0.6T$$

$$346 - 331 = 0.6T$$

$$15 = 0.6T$$

$$\frac{15}{0.6} = T \rightarrow T = 25^\circ C$$

ตรวจสอบค่า λ

$$1.73 \times \frac{346}{200}$$

$$1.73 \times 1.73$$

สรุปคำตอบ

ตอบ ความยาวคลื่นเสียง Taylor shift 25 องศา

มีความยาวคลื่นเท่ากับ 1.73 m หรือ 173 cm

คำตอบที่ถูกต้อง

ตรวจสอบคำตอบ

$$1.73 = \frac{346}{200}$$

จะได้ $1.73 = 1.73$ หน่วยเมตร

สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

ความยาวคลื่นเสียง λ มีค่าเท่ากับ

1.73 เมตร

ตัวอย่างชิ้นงานขั้นประเมินผลลัพท์ 3 คะแนน

เมื่อนักเรียนตรวจสอบคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์ เขียนระบุหน่วย แต่ไม่สามารถเขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 2 คะแนน

ข้อที่ 5 ประเมินผลลัพท์
ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

$$f_L = \left(\frac{v + v_L}{v - v_s} \right) f_s$$

$$463.29 = \left(\frac{346 + 20}{346 - 30} \right) 400$$

$$463.29 = \left(\frac{366}{316} \right) 400$$

$$463.29 = 463.29 \text{ Hz}$$

$$f_L = \left(\frac{v - v_L}{v + v_s} \right) f_s$$

$$346.8 = \left(\frac{346 - 20}{346 + 30} \right) 400$$

$$346.8 = \left(\frac{326}{376} \right) 400$$

$$346.8 = 346.8 \text{ Hz}$$

คำตอบที่ถูกต้อง

ตรวจสอบคำตอบ

รวิงเข้าหา $f_L = \left(\frac{v + v_L}{v - v_s} \right) f_s$ แทนค่า

$$463.29 = \left(\frac{346 + 20}{346 - 30} \right) 400 \text{ จะได้ } 463.29 = 463.29$$

รวิงออกจาก $f_L = \left(\frac{v - v_L}{v + v_s} \right) f_s$ แทนค่า

$$346.8 = \left(\frac{346 - 20}{346 + 30} \right) 400 \text{ จะได้ } 346.8 = 346.8$$

สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

รวิงเข้าหา $f_L = 463.29 \text{ Hz}$

รวิงออกจาก $f_L = 346.80 \text{ Hz}$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นประเมินผลลัพท์ 2 คะแนน

เมื่อนักเรียนตรวจสอบคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์ แต่ไม่เขียนระบุหน่วย และไม่สามารถเขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 1 คะแนน

ข้อที่ 5 ประเมินผลลัพท์
ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$2.5 \times 10^{-4} = \frac{10\pi}{4\pi(100)^2}$$

$$2.5 \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$$

คำตอบที่ถูกต้อง

ตรวจสอบคำตอบ

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \text{ แทนค่า}$$

$$2.5 \times 10^{-4} = \frac{10\pi}{4\pi(100)^2}$$

$$2.5 \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ Watt/m}^2$$

สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

ความเข้มเสียงของพลที่ชายคนนั้นได้ยินมีค่าเท่ากับ

$$2.5 \times 10^{-4} \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$$

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นประเมินผลลัพท์ 1 คะแนน

เมื่อนักเรียนไม่สามารถตรวจสอบคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์ ไม่เขียนระบุหน่วยและไม่สามารถเขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ นักเรียนจะได้รับข้อละ 0 คะแนน

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

คำตอบที่ถูกต้อง

ตรวจสอบคำตอบ

$$h = 3000(\sin 60)$$

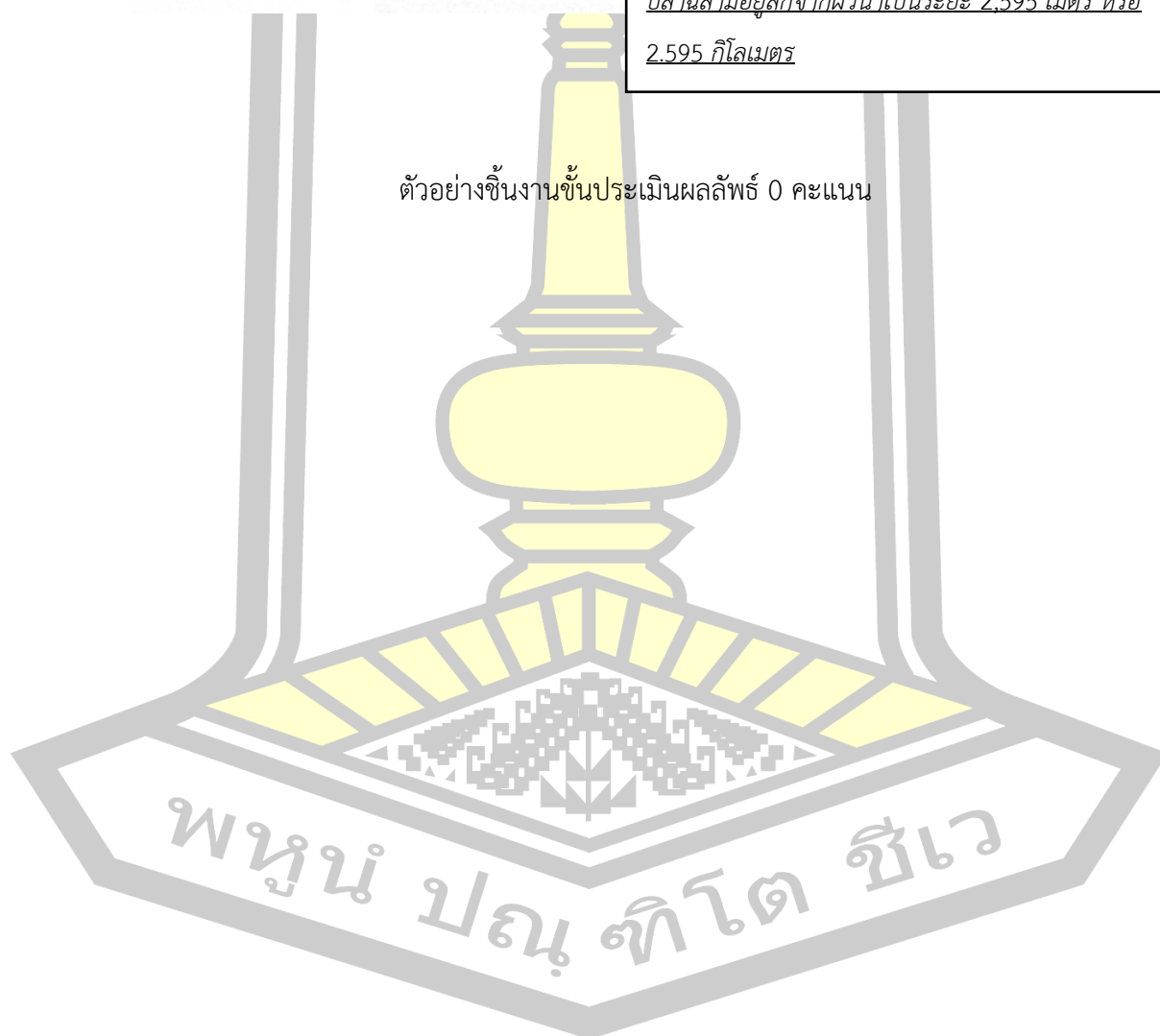
$$2595 = 3000\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$2595m = 2595m$$

สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

ปลาฉลามอยู่ลึกจากผิวน้ำเป็นระยะ 2,595 เมตร หรือ 2.595 กิโลเมตร

ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นประเมินผลลัพธ์ 0 คะแนน



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Pre - Experimental Research) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยรวมและจำแนกตามขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนโดยรวม ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยรวม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.84 คิดเป็นร้อยละ 28.20 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 87.95 คิดเป็นร้อยละ 73.29 เมื่อพิจารณาจำแนกตามขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ก่อนเรียน 5 ขั้นตอน โดยขั้นที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ขั้นพิจารณาปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.89 คิดเป็นร้อยละ 37.04 รองลงมาคือขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 คิดเป็นร้อยละ 29.83 ขั้นขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.86 คิดเป็นร้อยละ 28.58 ขั้นวางแผนแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.78 คิดเป็นร้อยละ 28.25 และขั้นประเมินผลลัพธ์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 คิดเป็นร้อยละ 17.25 และพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียน 5 ขั้นตอน โดยขั้นที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงสุดคือ ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.84 คิดเป็นร้อยละ

86.83 รองลงมาคือขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.68 คิดเป็นร้อยละ 82.00 ขั้นตอนพิจารณาปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.38 คิดเป็นร้อยละ 72.42 ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.24 คิดเป็นร้อยละ 67.67 และขั้นประเมินผลลัพธ์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.81 คิดเป็นร้อยละ 57.54 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังจำแนกตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน ขั้นที่มีพัฒนาการสูงสุดคือขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ รองลงมาคือขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้ ขั้นประเมินผลลัพธ์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา และขั้นพิจารณาปัญหาตามลำดับ โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ อ้างอิงจาก วุฒิชัย จารุตัน (2563) ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น ผู้วิจัยได้นำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ดังกล่าวเข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยโดยแทรกเข้าไปในขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ และขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สามารถคิดวิเคราะห์และคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วง อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, หน้า 11) ได้ระบุไว้สอดคล้องกันกล่าวว่าคือ การคิดวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหา โดยเข้าใจในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองที่ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลขหรือข้อความตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความรู้ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาควบคู่กัน โดยอาศัยการตีความโจทย์ปัญหาเป็นสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์และคำนวณ เพื่อหาคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ ได้ให้ความสำคัญของการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดมาให้ ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการอธิบายโจทย์ปัญหารวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นั้น จากผลการวิจัยพบว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีจุดเด่น คือ เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีการเน้นที่หลักการทางฟิสิกส์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เน้นการตรวจสอบหน่วย การเขียนแผนภาพ สามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยในขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา (Focus the Problem) จะทำให้นักเรียนนั้นสามารถที่จะมองเห็นภาพรวมของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนจากการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาและวาดภาพพร้อมระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) จะทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้นและเลือกสมการที่

จะต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) นักเรียนจะได้ฝึกการวางแผนอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนโดยการเขียนลำดับขั้นตอนหรืออาจจะเขียนเป็นมายด์แมพในการแก้โจทย์ปัญหาดังแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) นักเรียนจะได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหาโดยการแทนค่าในการสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์ตามแผนที่ได้วางไว้ในขั้นวางแผนแก้ปัญหา และขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้ฝึกตรวจสอบคำตอบว่าคำตอบที่ได้นั้นตรงกับตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่และนักเรียนจะต้องสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยรวม หลังเรียนโดยรวม ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ 2 พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 87.95 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.29 โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 72.97 เมื่อพิจารณาตามขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (16.8 คะแนน) พบว่า ขั้นที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่สุดคือ ขั้นตอนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.84 คิดเป็นร้อยละ 86.83 รองลงมาคือขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.68 คิดเป็นร้อยละ 82.00 โดยทั้งสองขั้นนี้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในส่วนของขั้นพิจารณามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.39 คิดเป็นร้อยละ 72.41 ขั้นวางแผนแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.24 คิดเป็นร้อยละ 67.67 และขั้นประเมินผลลัพธ์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.81 คิดเป็นร้อยละ 57.54 โดยนักเรียนยังมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยในขั้นวางแผนแก้ปัญหาละดับขั้นประเมินผลลัพธ์ค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้เนื่องจาก กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาสองขั้นตอนนี้มีความแปลกใหม่จากวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยทั่วไปที่นักเรียนคุ้นเคยและคิดว่าการแก้โจทย์ปัญหาโดยทั่วไปก็สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ได้เช่นเดียวกัน ทำให้นักเรียนยังไม่ตระหนักเห็นถึงความสำคัญของการวางแผนแก้ปัญหาและการประเมินผลลัพธ์เท่าที่ควร จึงมีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนการวางแผนแก้ปัญหาและยังเขียนประเมินผลลัพธ์ไม่ละเอียดเท่าที่ควร แต่เมื่อขั้นตอนดำเนินการตามแผนนักเรียนกลับทำคะแนนในขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้สูงกว่าขั้นวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุริดา แสนวิง (2562) ที่กล่าวไว้ว่า นักเรียนบางส่วนเขียนขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ครบทุกตอนและไม่มีความละเอียดในการเขียน เมื่อดำเนินการตามแผนที่วางไว้กลับสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนมีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาไปพร้อมกันทำให้ทราบถึงขั้นตอนที่ไม่ครบถ้วน จึงเพิ่มเติมลงในการดำเนินการตาม

แผนแต่ไม่ได้เพิ่มในขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในชั้นวางแผนแก้ปัญหา ยังไม่ดีเท่าที่ควร ในส่วนของชั้นประเมินผลลัพธ์ เป็นชั้นที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบความถูกต้องในการ แก้โจทย์ปัญหาของตนเองว่าการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้อง คำตอบที่ได้เป็นปริมาณที่ โจทย์ต้องการทราบและมีหน่วยถูกต้องหรือไม่ ก่อนจะสรุปคำตอบ เพราะหน่วยเป็นสิ่งจำเป็นต่อ ปริมาณทางฟิสิกส์ การมีหน่วยกำกับจึงถือว่าปริมาณนั้นถูกต้อง นักเรียนส่วนใหญ่แม้ว่าจะดำเนินการ หาคำตอบทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถตรวจสอบคำตอบที่ตนเองหาไว้ได้ และนักเรียน ส่วนใหญ่ไม่มีการเขียนสรุปผลคำตอบให้สอดคล้องกับปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบทำให้คะแนนใน ส่วนประเมินผลลัพธ์ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 70.27 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ 3 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยนักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี กฎ และหลักการทางฟิสิกส์ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางฟิสิกส์และมองเห็นภาพมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยได้นำกลวิธี แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์เข้ามาช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาที่มีการฝึก ปฏิบัติ ลงมือทำที่จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การที่นักเรียนจะวิเคราะห์โจทย์และแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ นักเรียนต้องฝึกแก้โจทย์ ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ จึงจะเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเป็นผลให้นักเรียนแก้ โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และมีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง ก่อให้เกิดการโจทยปัญหาอย่างมี ประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยโดยทั่วไปแล้วเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิด การเรียนรู้ร่วมกันแบบเป็นกลุ่ม (Cooperative learning) แต่ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการให้นักเรียนทำใบ กิจกรรมเป็นกลุ่มจะส่งผลให้นักเรียนบางส่วนไม่มีส่วนร่วมกับการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงแจก ใบกิจกรรมและใบงานให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเป็นรายบุคคลเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมกับการ เรียน ทำให้ผู้วิจัยสามารถติดตามดูข้อบกพร่องและพัฒนาการของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ เป็นไป ตาม พชรภู พลเยี่ยม (2564) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เป็นการ จัดการเรียนรู้เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนแก้ไขโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ความเข้าใจจากทฤษฎี กฎ หลัก การ หรือข้อสรุป อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ จนกว่าจะได้พิสูจน์ ตรวจสอบด้วยตนเอง ปฏิญญา กฤษวงค์ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ที่มีต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สี่เหลี่ยมด้านขนาน ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หลังการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแบบนิรนัยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สี่เหลี่ยมด้านขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สุกฤษฎี ขมภูจันทร์ (2563) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับโปรแกรมจีโอเจิบร้า ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 49.93 คิดเป็นร้อยละ 82.22 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จะช่วยส่งเสริมนักเรียนให้มีการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลไม่เชื่ออะไรง่ายๆ จนกว่าจะได้พิสูจน์ด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน และเป็นขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เนื่องจากเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมากในแต่ละขั้นตอนของวิธีการสอน ควรกำหนดเวลาให้ชัดเจน เพื่อให้ทำกิจกรรมการเรียนการสอนเสร็จทันเวลา

1.2 ในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนควรยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา และอธิบายขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นให้ละเอียดและชัดเจน เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์และเข้าใจกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง

1.3 หลังจากที่นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาพื้นฐานแล้ว ครูควรนำโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ๆ มาเสนอให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจและมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

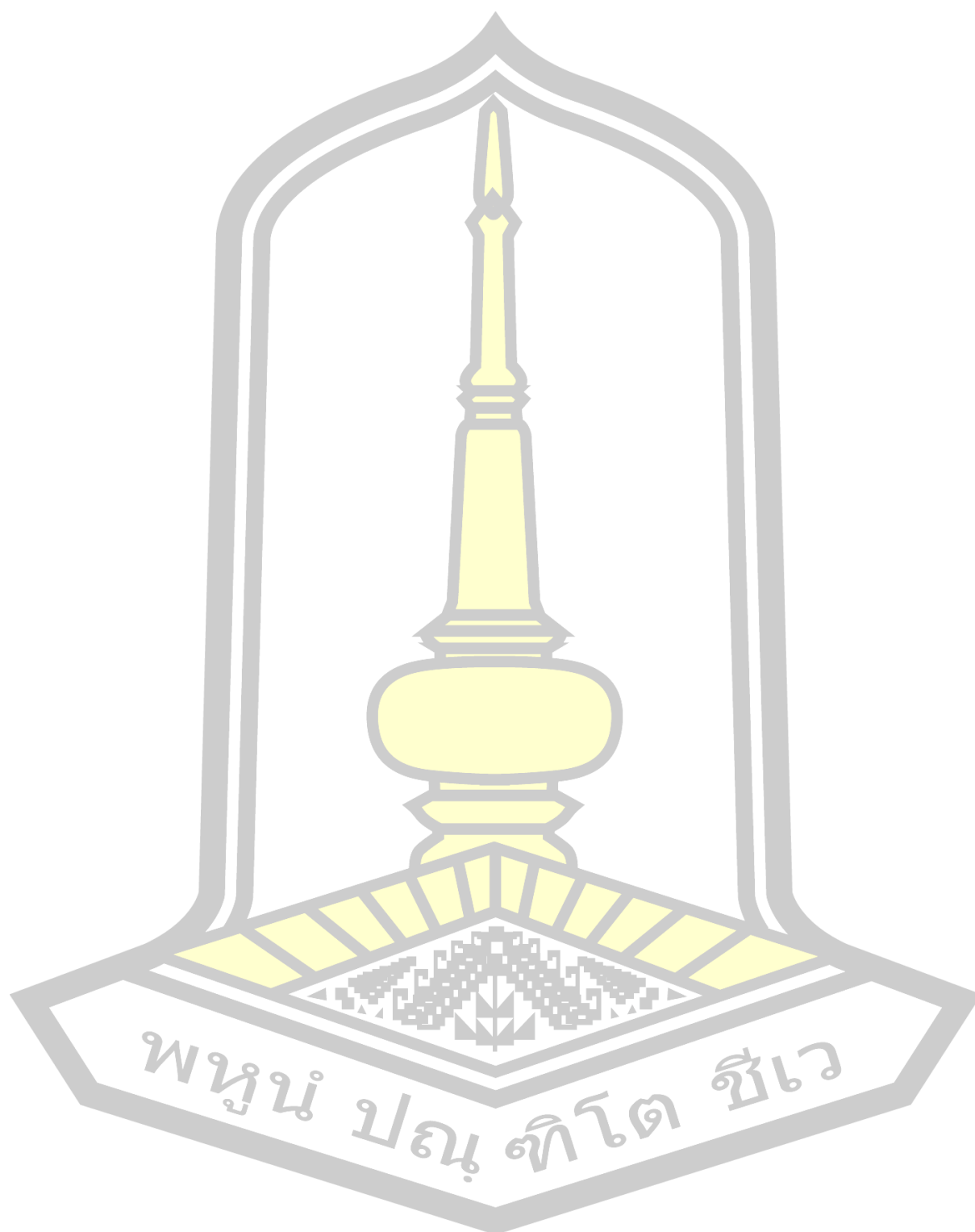
2.1 ควรนำการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไปใช้สอนในเนื้อหาอื่น ๆ ของรายวิชาฟิสิกส์

2.2 ควรมีการศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียน เพื่อจะได้รู้
นักเรียนไม่เข้าใจหรือติดขัดในขั้นตอนใดของการแก้โจทย์ปัญหาเป็นรายบุคคล เพื่อที่จะได้พัฒนาได้
ตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.3 ควรเน้นการจัดกิจกรรมในขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหาและขั้นประเมินผลลัพธ์ให้
ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่นักเรียนไม่เคยทำในการแก้โจทย์ปัญหาแบบทั่วไป



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช ๒๕๕๑. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์
ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎี
บัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.
- เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2562). การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,
13(2), 7-21
- กมลชนก ชัยชนะ และปรกรณ์ ประจัญบาน. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์โดยประยุกต์แนวคิดของโรจาส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา. (2559). การวัดและประเมินผลการศึกษา.
พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- จำเนียร ศิลพานิช. (2538). หลักและวิธีการสอน. กรุงเทพฯ : เจริญรุ่งเรืองการพิมพ์.
- จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคognition ที่มี
ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความตระหนักในการรู้คิด และการกำกับ
ตนเองในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.
- ชาตรี เกิดธรรม. (2545). เทคนิคการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ : บริษัทโรงพิมพ์ไทย
วัฒนาพานิช.
- ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2548). เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : หลักพิมพ์.
- ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงศ์. (2561). การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดย
ใช้กลวิธีแก้ปัญหาลิงคตรกร่วมกับผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ทิตนา แคมณี. (2556). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.
พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมณี. (2557). ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 18 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

ทิตินา แคมณี. (2560). รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิตินา แคมณี. (2562). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญกร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2559). การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 11(1), 26-35.

นภดล แก้วเรือง. (2550). ผลการใช้รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาพร้อมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ (Co-op-Co-op) ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นันทิญา แก้วจิตร. (2563). ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บัญญัติ ขำนาญกิจ. (2540). เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 1022301 หลักการสอน. นครสวรรค์ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์.

เบญจลักษณ์ ภูสามารถ. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 15(2), 146-153.

ปานใจ ไชยวรศิลป์. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธี SQRCQ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านป่ายาง อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การประถมศึกษา). เชียงราย: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2561). การวิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน. ขอนแก่น: คลังน่านวิทยา

- ปริญญญา กฤษวงษ์. (2564). การศึกษาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ
นิรนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พิมพ์ประภา อรัณมิตร. (2552). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุ
ระดับ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2554). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์.
พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล วรคำ. (2562). การวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 11. ตักสิลาการพิมพ์.
- พัชรฎา พลเยี่ยม. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม.
- พิราวรรณ วังทะพันธ์. (2565). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส. วารสารมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม, 16(1), 15-28.
- มนตรี วงษ์สะพาน. (2563). หนังสือพื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน (รวมเล่ม).
พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2530). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุดา รักไทย และธนิกันต์ มาชะศิรินันท์. (2542). เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาและตัดสินใจ. กรุงเทพฯ :
เอ็กซ์เพอเน็ท.
- รมิตา ชื่นเปรมชีพ และคณะ. (2560). ผลของกลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 12(1), 155-171.
- รัตนพร บุรณะพล. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริม
วิชาการ.
- วุฒิชัย ดานะ. (2553). ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเลย.
วิทยานิพนธ์ ค.ม. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

- วิรัตน์ ชันเขต และคณะ. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับ กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(4), 286-300.
- วีรดา ลิ้มปัสวัสดิ์. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วุฒิชัย จารุตัน. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุธิดา แสงวัน. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุกฤษฎี ชุมภูจันทร์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบร้า เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : ภาควิพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2551). การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 6. กทม. : ประสานการพิมพ์.
- สุขามาศ มงคลชาติ. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ กลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.)
- ไสว พักขาว. (2544). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : เอ็มพันธ์.
- สุนีย์ ลัมรสสุนธ์. (2544). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้เป็นกลุ่มที่เน้นผลสัมฤทธิ์กับการเรียนตามปกติ. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

โสมภิลัย สุวรรณ. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อารีย์ วชิรวารกร. (2542). การวัดผลและประเมินผลการเรียน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

อารมณ จันทร์ลามา. (2550). ผลของการสอนการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.

วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อุษา ชมภูฤกษ์. (2561). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อภิญา อภิวิมลลักษณ์. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

Anderson, K . B and R. E. Pingry. (1973). The Leaning of Mathematics : The Theory and Practices. Washington. D. C. : The National Council of Teachers of Mathematics.

Adams, Sam, Leslie C. Ellis and B. F. Beeson. (1977). Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach. New York : Harper & Row.

Andre, Thomas. (1986). Problem solving and education. In cognitive classroom learning : Understanding, Thinking and Problem Solving. Editors Phye, Gary D ; & Andre, Thomas. Orlando : Academic.

Belikov, B.S. (1989). General methods for solving physics problem. Moscow: Mir.

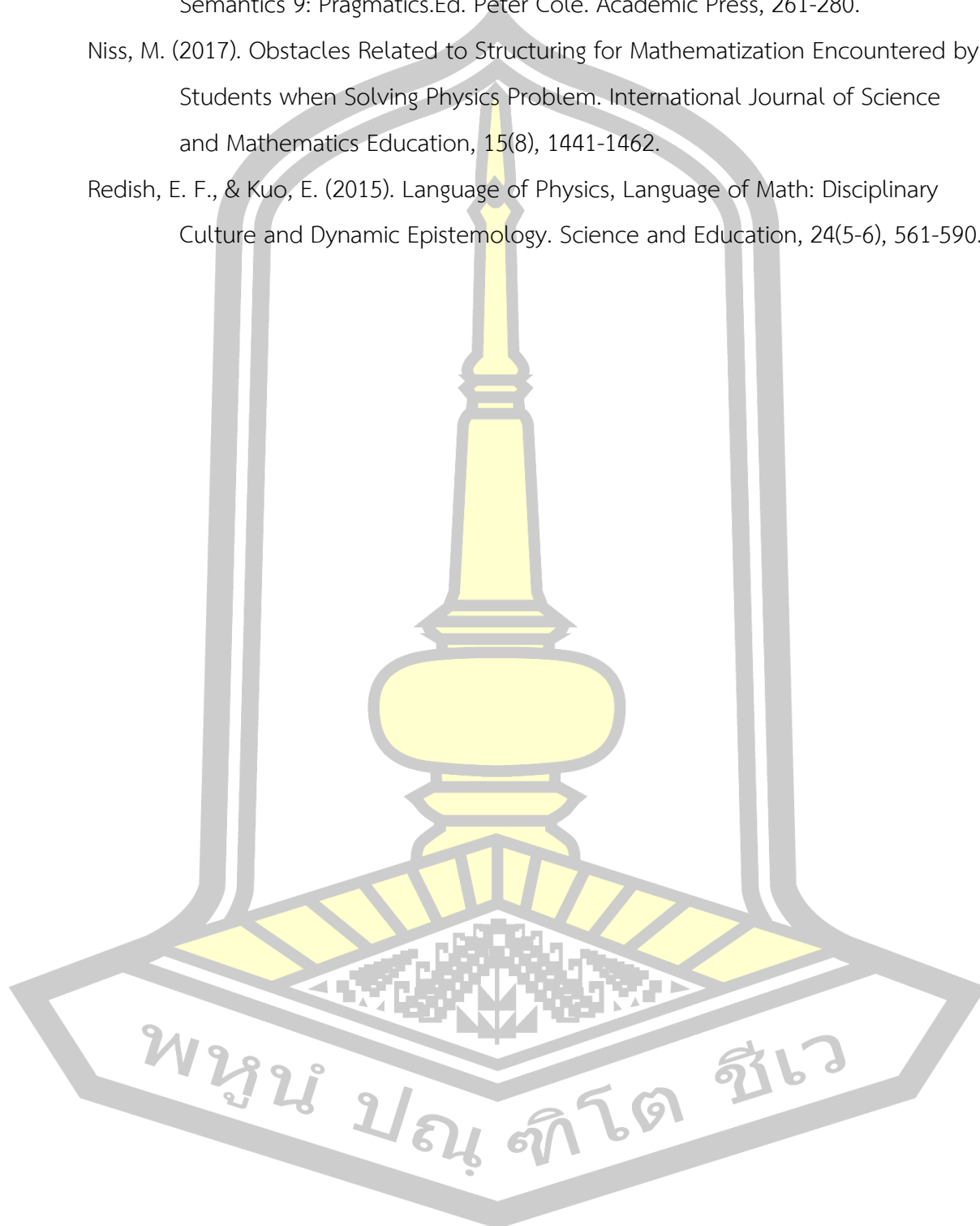
Bloom,B.S. (1956). Taxonomy of educational objective: Cognitive domain. New York: David Mckay.

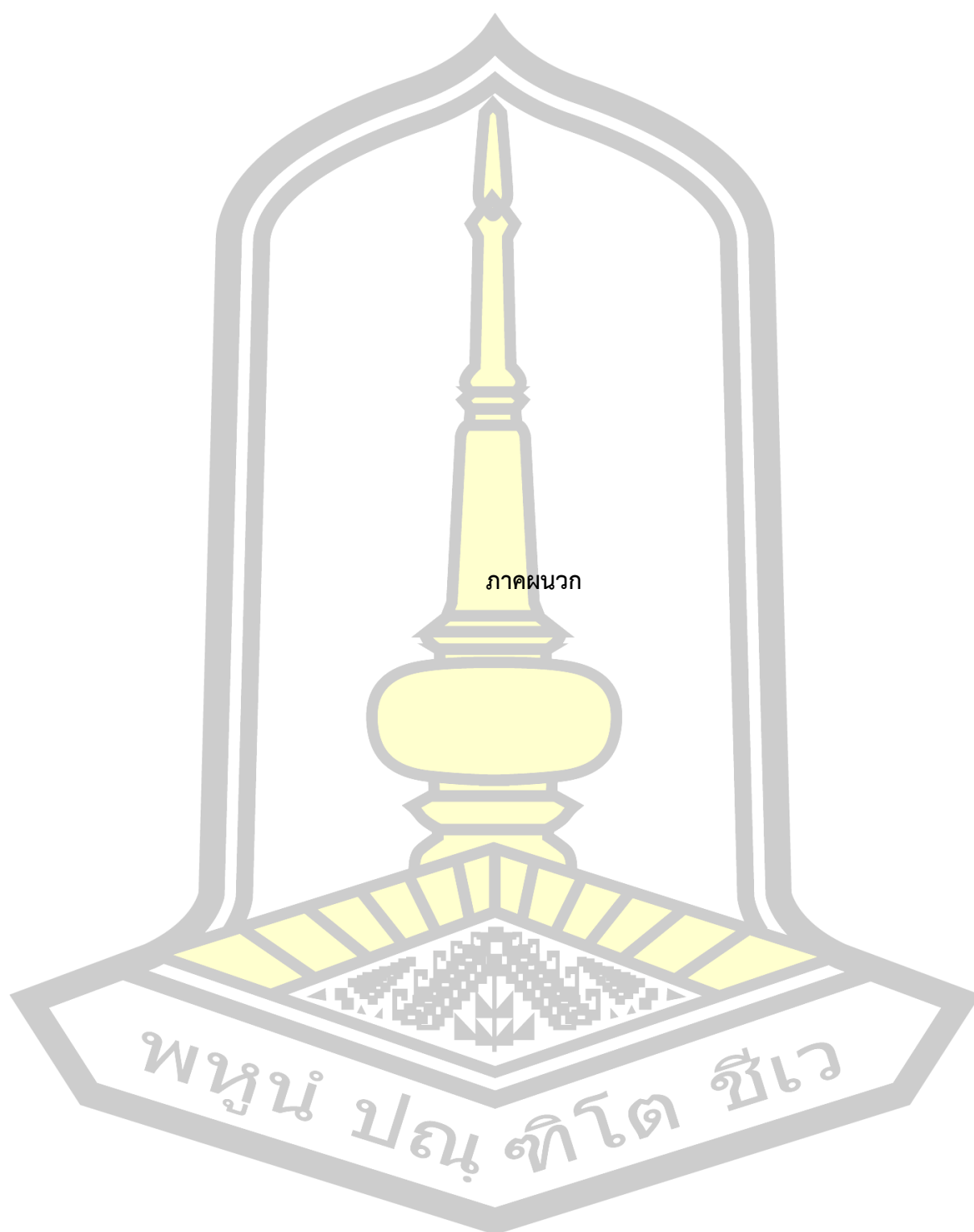
- Cronbach, L.J. (1990). *Essential of psychological testing*. New York: McGraw-Hill.
- Colgan, M.D. (1991). "An analysis of problem-solving errors made throughout a college-level finite mathematics course". *Dissertation Abstracts International*.53:55-A.
- Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., ... & Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Physical review physics education research*, 12(1), 010130.
- Good, C . V . (1973). *Dictionary of education*, New York: McGraw-Hill Book.
- Gaigher,E., Rogan, J.M., & Braun, M.W.H. (2007). Exploring the development of conceptual understanding through structured problem-solving in physics. *Journal of Science Education*, 29, 1089-1110.
- Gök, T., & Silay, I. (2008). EFFECTS OF PROBLEM-SOLVING STRATEGIES TEACHING ON THE PROBLEM-SOLVING ATTITUDES OF COOPERATIVE LEARNING GROUPS IN PHYSICS EDUCATION. *Journal of Theory & Practice in Education (JTPE)*, 4(2).
- Heller,P., & Hollabaugh,M. (1992). Teaching problem solving through cooperative Grouping. Part 2: Designing Problem and Structuring Groups. *American Journal of Physics*, 60, 637-644.
- Heller, K. and Heller, P . (2000). *The competent problem solver for introductory physics*. New York : Primis Custom Publishing
- Heller, K. and Heller, P . (2000). *Cooperative problem solving in physics a user's manual*. Retrieved July 15, 2016.
- Krulik, Stephen ;& Rudnick, Jesse A. (1996). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High school*. Boston : Allyn and Bacon.
- Lumsdaine, E. & Lumsdaine, M. (1995). *Creative Problem Solving: Thinking Skills for a Changing Word*. New York: McGraw-Hill.
- Leighton, Jacqueling P. ;& Sternberg, Robert J. (2003). Reasoning and Problem Solving. In *Handbook of Psychology (Volume 4) : Experimental Psychology Editors*
- Healy, Alice F. ; & Proctor, Robert W. pp. 623-648. New Jersey: John Wiley & sons.

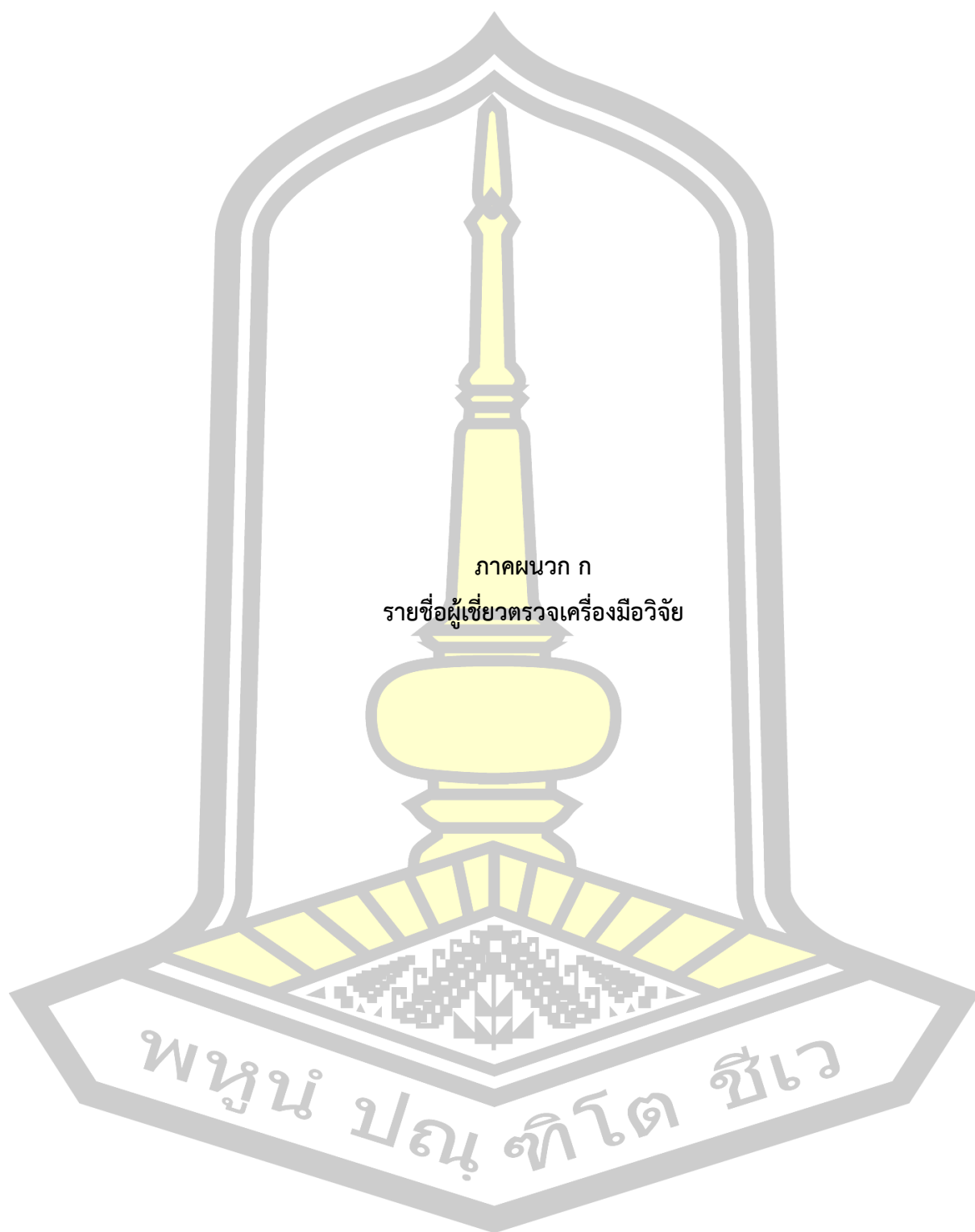
Morgan, J. L. (1978). Two type of convention in indirect speech acts. *Syntax and Semantics 9: Pragmatics*. Ed. Peter Cole. Academic Press, 261-280.

Niss, M. (2017). Obstacles Related to Structuring for Mathematization Encountered by Students when Solving Physics Problem. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(8), 1441-1462.

Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. *Science and Education*, 24(5-6), 561-590.



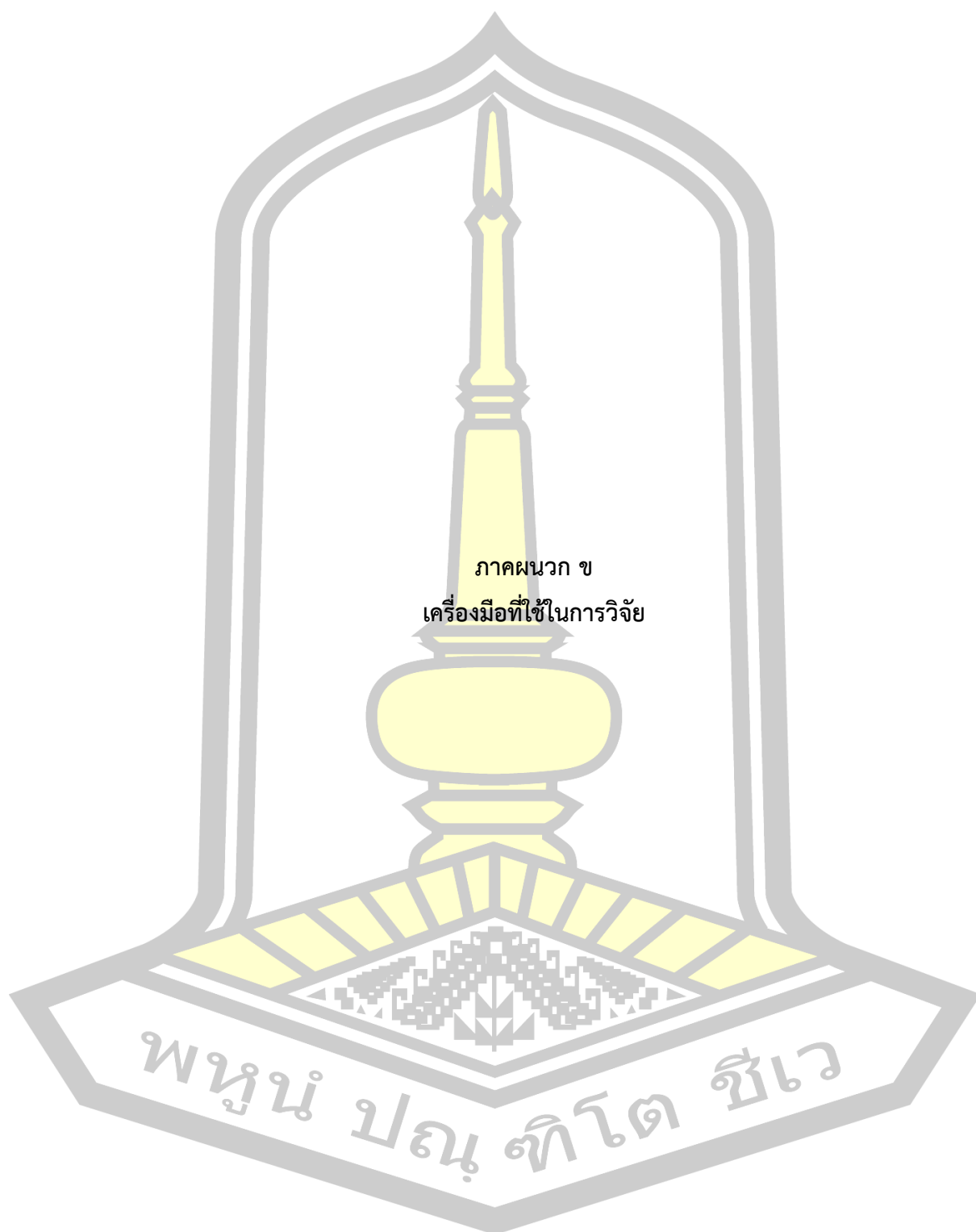




ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การบริหารและพัฒนาการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. อาจารย์ ดร. ฤทธิไกร ไชยงาม วุฒิการศึกษา วท.ด. (ฟิสิกส์) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์
4. นางสาว ณปภัช สุวิสอน วุฒิการศึกษา กศ.ม. หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์
5. นาง ชวัลนุช ครองสนั่น ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

พญนั ปณฺ ทิโต ชีเว



แผนการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาฟิสิกส์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เสียง
เรื่อง อัตราเร็วของเสียง
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เวลา 2 ชั่วโมง
ผู้สอน นายชาคริต มีรัตน์
ภาคเรียนที่ 1/2566

1. มาตรฐานการเรียนรู้

อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่น ความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. สาระสำคัญ

เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง แล้วถ่ายโอนผ่านตัวกลาง เสียงจะเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดเสียงโดยมีโมเลกุลของอากาศ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นเสียงนั้น โดยอัตราเร็วของเสียงในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ

- นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านอากาศและอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสได้ (K)

ด้านทักษะกระบวนการ

- นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วของเสียงในอากาศได้ (P)

ด้านคุณลักษณะ

- นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

4. สาระการเรียนรู้

เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว เกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอนุภาคตัวกลาง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น อัตราเร็วเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ คำนวณได้จากสมการ $v = 331 + 0.6T_C$

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

5.1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา

- 1) ครูผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียง ให้กับนักเรียนทุกคน
- 2) ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียน โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาจากใบงานให้นักเรียนดูโดยฉายผ่านโปรเจกเตอร์ ดังนี้

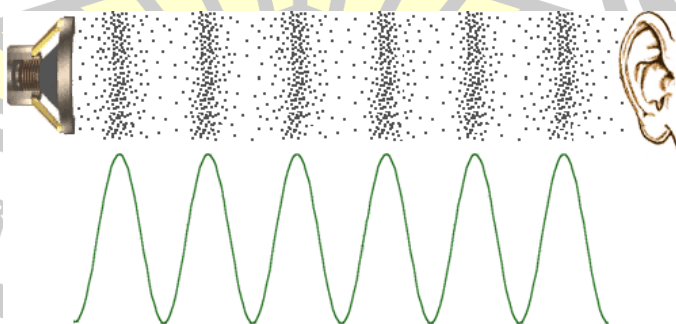
สถานการณ์ปัญหาจากใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียง

“ ในงานคอนเสิร์ตนายชาตรีได้พลัดหลงกับเพื่อนจึงตะโกนเรียกชื่อเพื่อนด้วยเสียงที่มีความถี่ 1,300 เฮิรตซ์ เพื่อนของนายชาตรีจึงสามารถได้ยินเสียงของเขา อยากทราบว่าเสียงที่นายชาตรีตะโกนจะมีความยาวคลื่นเท่าไร ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิของอากาศบริเวณงานคอนเสิร์ตนั้นเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส ”

5.2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ

- 3) ครูสอนเนื้อหา เรื่อง ธรรมชาติ ดังนี้

“เสียงเป็นคลื่นกลชนิดหนึ่ง เสียงเกิดจากกระทำของมนุษย์หรือสัตว์ และเสียงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงจะถ่ายโอนผ่านตัวกลางทำให้อนุภาคสั่นไปมา ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน และผลจากการเปลี่ยนแปลงความดันทำให้เกิดคลื่นอัด-ขยาย แผ่ไปในตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน ในส่วนที่เกิดการอัดจะทำให้เกิดเสียงดังหรือเป็นจุดที่มีแอมพลิจูดสูงที่สุด และส่วนขยายเป็นจะทำให้เกิดเสียงเบาเป็นจุดที่มีแอมพลิจูดต่ำที่สุด ดังภาพประกอบที่ 1 ”



ภาพประกอบที่ 1 การอัดขยายของคลื่นเสียง

4) ครูสอนเนื้อหา เรื่อง อัตราเร็วของเสียง ดังนี้

“ เสียงเป็นคลื่นกลชนิดหนึ่งที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ก็คือ อากาศ ถ้าไม่มีตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงานจะไม่เกิดเสียงขึ้น คือ สุญญากาศ แต่เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งของเหลว และแก๊สได้ด้วยอัตราเร็วแตกต่างกัน โดยอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางนั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและอุณหภูมิของตัวกลาง ดังภาพประกอบที่ 2

ก๊าซ		ของเหลวที่ 25°C		ของแข็ง	
สาร	V (m/s)	สาร	V (m/s)	สาร	V (m/s)
อากาศ (0°C)	331	น้ำ	1,490	อะลูมิเนียม	5,100
อากาศ (100°C)	336	น้ำทะเล	1,530	ทองแดง	3,560
ไฮโดรเจน (0°C)	1,290	เมทิลแอลกอฮอล์	1,140	เหล็ก	5,130
ออกซิเจน (0°C)	317			ตะกั่ว	1,320
ฮีเลียม (0°C)	972			ยาง	54

ภาพประกอบที่ 2 อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน

จากภาพประกอบที่ 2 อัตราเร็วของเสียงในของแข็งและของเหลวมีค่ามากกว่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศมาก โดยมนุษย์รู้ว่าเสียงเคลื่อนที่ผ่านของแข็งได้เร็วกว่าเคลื่อนที่ผ่านอากาศมานานแล้ว สังเกตได้จากพฤติกรรมการเอาหูแนบพื้นเพื่อฟังฝีเท้าของม้าจากระยะไกล และการเอาหูแนบกับรางรถไฟเพื่อตรวจสอบการมาของขบวนรถไฟ โดยที่ยังไม่เห็นรถไฟ

การศึกษาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ พบว่า อัตราเร็วของเสียงในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้จากสมการ $v = 331 + 0.6T_c$

V คือ อัตราเร็วของเสียงในอากาศ หน่วย (เมตร/วินาที)

T_c คือ อุณหภูมิของอากาศ หน่วย (องศาเซลเซียส)

$$v = f\lambda$$

V คือ อัตราเร็วของเสียงในอากาศ หน่วย (เมตร/วินาที)

f คือ ความถี่ หน่วย (เฮิรตซ์)

λ คือ ความยาวคลื่น หน่วย (เมตร)

5) ครูกดตัวอย่างการแก้โจทย์ เรื่อง อัตราเร็วของเสียง โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน

“แหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 692 เฮิรตซ์ วางไว้ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า คลื่นเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดนี้มีความยาวคลื่นยาวเท่ากับกี่เมตร”

ความถี่ $f = 692 \text{ Hz}$
อุณหภูมิอากาศ $T(^{\circ}\text{C}) = 25^{\circ}\text{C}$
ต้องการหาความยาวคลื่น $\lambda = ?$

① จากสมการ อัตราเร็วเสียงในอากาศ
 $V = 331 + 0.6(T)$
 $V = 331 + 0.6(25)$
 $V = 331 + 15$
 $V = 346 \text{ m/s}$

② หาความเร็ว V จากสูตร
สมการ $V = f\lambda$

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$\lambda = \frac{346 \text{ m/s}}{692 \text{ s}^{-1}} \rightarrow \lambda = 0.5 \text{ m}$$

5.3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ (นำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาใช้แก้ปัญหา)

6) ครูให้นักเรียนทุกคนนำทฤษฎี หลักการที่ได้เรียนจากครูในขั้นที่ 2 มาใช้ในการหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดไว้ให้ในใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียง ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

นักเรียนอ่านทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา จากนั้นครูถามนักเรียนว่าจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โจทย์กำหนดตัวแปรอะไรให้บ้าง และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคือตัวแปรใด

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

จากสถานการณ์ปัญหานักเรียนคิดว่ามีความเกี่ยวข้องกับทฤษฎี หรือหลักการทางฟิสิกส์เรื่องใด

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตั้งแต่ต้นจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ให้นักเรียนดำเนินการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ให้นักเรียนเขียนสรุปคำตอบของสถานการณ์ปัญหา พร้อมระบุหน่วย

7) ครูคอยให้เดินเช็คตรวจสอบความถูกต้อง และคอยให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยในขั้นตอนของการแก้ปัญหา

5.4 ตรวจสอบและสรุป

8) นักเรียนทุกคนร่วมกันตรวจสอบทฤษฎี หรือการทางฟิสิกส์ที่ใช้ และคำตอบตนเองได้ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ ระบุหน่วยถูกต้องหรือไม่ โดยการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน อินเทอร์เน็ต หรืออาจปรึกษาครูผู้สอน

9) ครูอธิบายในกรณีที่คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง แสดงว่าวิธีการแก้ปัญหาอาจจะผิดหรือเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการคำนวณ นักเรียนจะต้องย้อนกลับไปพิจารณาวิธีการแก้ปัญหานั้นอีกครั้ง

10) นักเรียนเขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ เรื่อง ธรรมชาติของเสียงและอัตราเร็วของเสียง ลงในสมุดประจำตัวของนักเรียนแต่ละคน

5.5 ฝึกปฏิบัติ

11) ครูแจกใบงานที่ 3.1 เรื่อง ธรรมชาติและอัตราเร็วของเสียง ทำเป็นรายบุคคล

12) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยใบงาน โดยครูสุ่มเลขที่ของนักเรียนให้ออกมาเฉลยใบงานหน้าชั้นเรียนร่วมกัน โดยให้นักเรียนเขียนบนกระดานไวท์บอร์ด

6. แหล่งเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เสียง
- 2) ใบความรู้เสริมที่ 3.1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียง
- 3) ใบงานที่ 3.1 เรื่อง ธรรมชาติของเสียงและอัตราเร็วของเสียง
- 4) ใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่อง อัตราเร็วของเสียง
- 5) PowerPoint เรื่อง ธรรมชาติของเสียงและอัตราเร็วของเสียง
- 6) สมุดประจำตัว

7. เอกสารอ้างอิง

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เสียง

พูน ปณ จิตโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

คะแนน ประเด็น	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
พิจารณาปัญหา	วาดรูปแสดง สถานการณ์ของโจทย์ ได้สอดคล้องพร้อมระบุ สิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่ โจทย์ต้องการถามได้ ถูกต้องครบถ้วน	วาดรูปสอดคล้องกับ โจทย์และระบุสิ่งที่ โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ ต้องการถามผิด บางส่วน หรือระบุสิ่งที่ โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ ต้องการถามถูกต้อง ครบถ้วนแต่วาดรูปไม่ สอดคล้องกับโจทย์	วาดรูปได้สอดคล้องกับ โจทย์ แต่ระบุสิ่งที่โจทย์ ให้หรือสิ่งที่โจทย์ ต้องการถามผิด หรือ ระบุสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่ โจทย์ถามผิดบางส่วน แต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปไม่สอดคล้องกับ โจทย์และระบุสิ่งที่ โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ ต้องการถามผิดทั้งหมด
อธิบายหลักการ ทางฟิสิกส์	อธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ได้สอดคล้อง ครอบคลุมพร้อมระบุ สมการที่ใช้ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ได้สอดคล้อง ครอบคลุมแต่ระบุ สมการผิด หรือระบุ สมการได้ถูกต้อง ครบถ้วนและอธิบาย แนวคิดทางฟิสิกส์ได้ สอดคล้องแต่ไม่ ครอบคลุม	อธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ ไม่ครอบคลุมและระบุ สมการผิด หรือเขียน อธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ไม่สอดคล้องแต่ ระบุสมการที่ใช้ได้ ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทาง ฟิสิกส์ไม่สอดคล้องและ ระบุสมการที่ใช้ผิด
วางแผนแก้ปัญหา	เขียนลำดับการ แก้ปัญหาได้อย่าง ละเอียด สามารถ นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการ แก้ปัญหาไม่ค่อย ละเอียด แต่สามารถ นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการ แก้ปัญหาไม่ละเอียด มี ส่วนที่จะนำไปสู่การ แก้ปัญหาได้ได้อย่าง ถูกต้อง	ไม่เขียนลำดับการ แก้ปัญหาหรือไม่มีส่วน ชี้แนะไปสู่การ แก้ปัญหาเลย
ดำเนินการตาม แผนที่วางไว้	ดำเนินการตามแผนที่ วางไว้และการ ดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ถูกต้อง	ดำเนินการตามแผนที่ วางไว้และการ ดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้อง กับแผนที่วางไว้และการ ดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้อง กับแผนที่วางไว้และการ ดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ผิด
ประเมินผลลัพธ์	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องครอบคลุม และระบุหน่วยถูกต้อง	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องแต่ครอบคลุม และระบุหน่วยถูกต้อง หรือสรุปคำตอบได้ สอดคล้องครอบคลุมแต่ ระบุหน่วยผิด	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องแต่ครอบคลุม และระบุหน่วยผิดหรือ ระบุหน่วยถูกต้องแต่ สรุปคำตอบไม่ สอดคล้อง	สรุปคำตอบไม่ สอดคล้องและระบุ หน่วยผิด

เกณฑ์การประเมิน

14-15 คะแนน หมายถึง ดีมาก

11-13 คะแนน หมายถึง ดี**

7-10 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

4-6 คะแนน หมายถึง พอใช้

0-3 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

** ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 11 คะแนนหรือระดับดีขึ้น

แบบประเมินพฤติกรรมนักเรียน

เลขที่	ชื่อ-นามสกุล	คะแนนที่ได้			ผลการประเมิน	
		ความ ใฝ่รู้ใฝ่เรียน	ความมุ่งมั่น ในการ ทำงาน	รวม	ผ่าน ✓	ไม่ผ่าน ✗

เกณฑ์การให้คะแนน

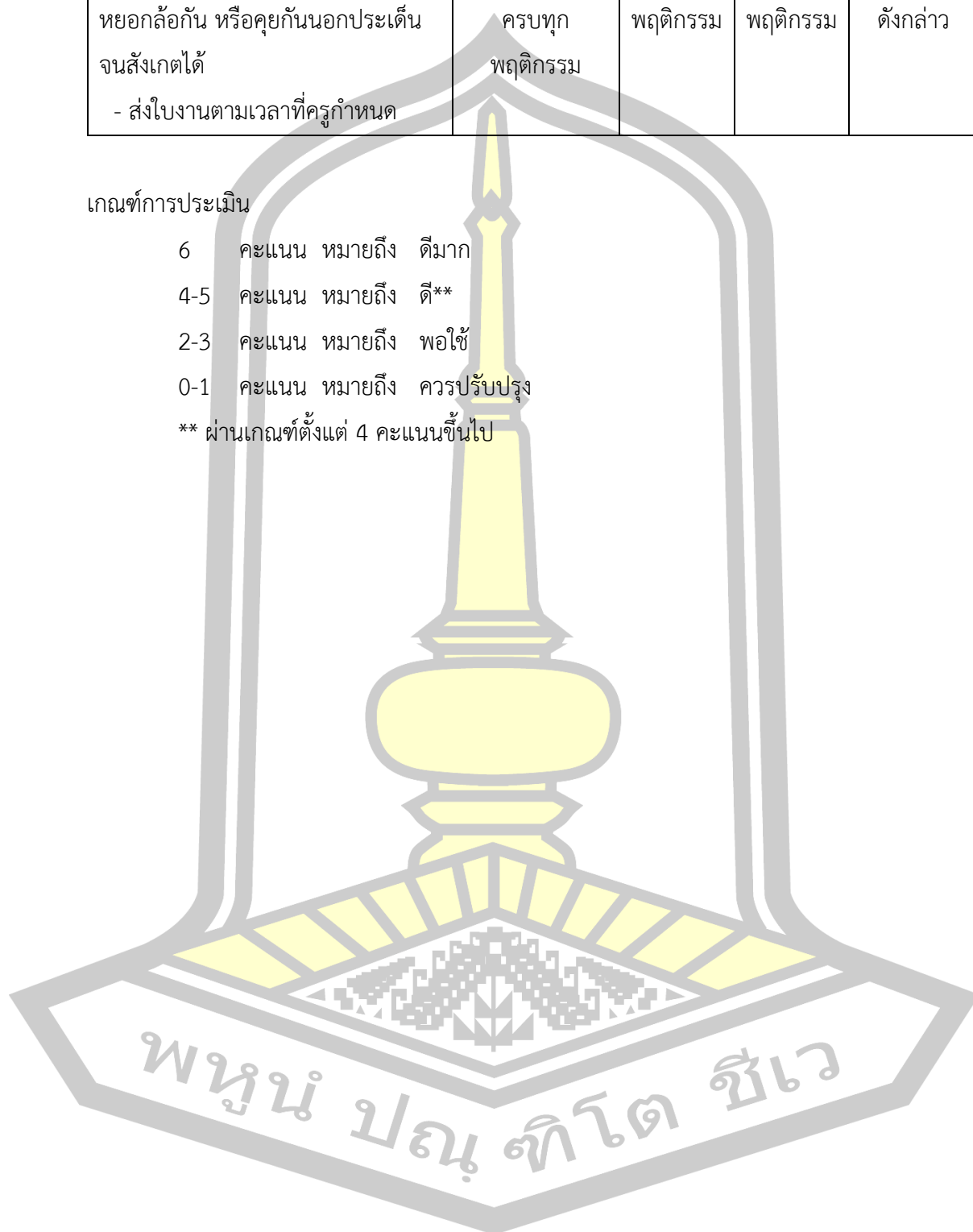
พฤติกรรม \ คะแนน	3	2	1	0
ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน - ตอบคำถามเมื่อครูถาม - มีการจดบันทึกสิ่งที่ครูสอน - ไม่มีพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ เช่น เล่นโทรศัพท์ คูยหรือเล่นใน ขณะที่ครูสอน เป็นต้น	มีพฤติกรรม ครบทุก พฤติกรรม	ขาด 1 พฤติกรรม	ขาด 2 พฤติกรรม	ไม่แสดง พฤติกรรม ดังกล่าว
มุ่งมั่นในการทำงาน - ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม				ไม่แสดง

- ทำใบกิจกรรมอย่างตั้งใจไม่เล่นหรือ หยอกล้อกัน หรือคุยกันนอกประเด็น จนสังเกตได้ - ส่งใบงานตามเวลาที่ครูกำหนด	มีพฤติกรรม ครบทุก พฤติกรรม	ชาติ 1 พฤติกรรม	ชาติ 2 พฤติกรรม	พฤติกรรม ดังกล่าว
---	----------------------------------	--------------------	--------------------	----------------------

เกณฑ์การประเมิน

- 6 คะแนน หมายถึง ดีมาก
 4-5 คะแนน หมายถึง ดี**
 2-3 คะแนน หมายถึง พอใช้
 0-1 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

** ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป



ใบกิจกรรมที่ 3.1

เรื่อง อัตราเร็วของเสียง

สถานการณ์

ในการทดลองโดยนักทดลอง A ใช้ส้อมเสียงที่มีความถี่ 1,300 เฮิรตซ์ นักทดลอง B จึงสามารถได้ยินเสียงของส้อมเสียง อยากทราบว่าส้อมเสียงที่นักทดลอง A เคาะจะมีความยาวคลื่นเท่าไร ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ความถี่เสียง $f = 1,300 \text{ Hz}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

พจนานุกรม ปณ จิตโต ชเว

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

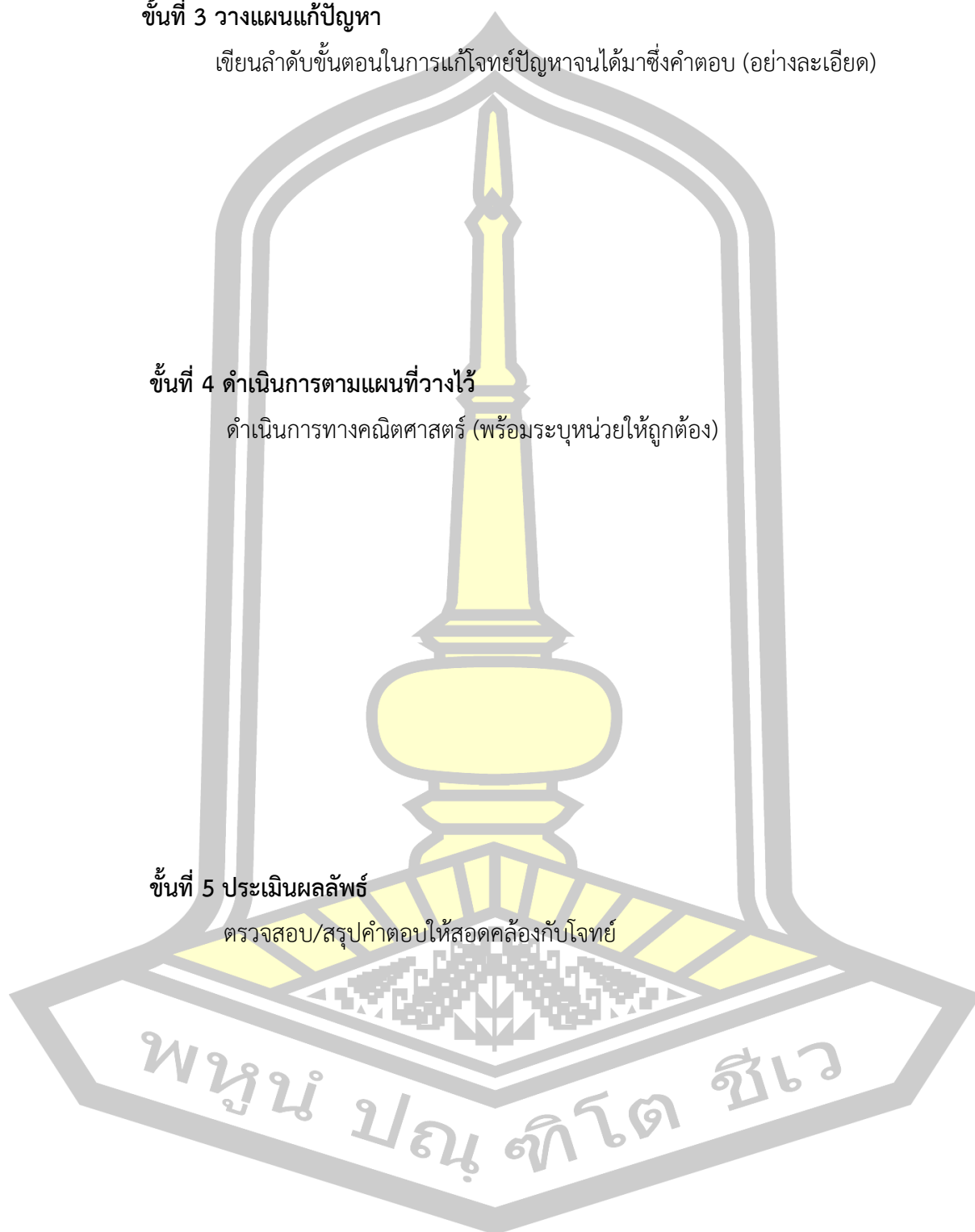
เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์



ใบงานที่ 3.1
เรื่อง ธรรมชาติและอัตราเร็วของเสียง

ตอนที่ 1 คำชี้แจง ให้นักเรียนนำอักษรหน้าข้อความทางขวามือ มาใส่หน้าข้อที่มีความหมายตรงกันที่ซ้ายมือ

- | | |
|--|---|
|1. คลื่นเสียงเป็น | A. ได้ดีไม่เท่ากัน |
|2. เสียงดังมากแสดงว่า | B. วัตถุที่มีการสั่นสะเทือน |
|3. ถ้าอุณหภูมิของอากาศยิ่งสูงขึ้น | C. คลื่นตามยาวเท่านั้น |
|4. อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส | D. ความยาวคลื่นของคลื่นเสียงจะต่ำลง |
|5. เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง | E. 349 เมตรต่อวินาที |
|6. ในสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิเท่ากัน | F. มีแอมพลิจูดมาก |
|7. เสียงเดินทางผ่านตัวกลาง | G. อัตราเร็วของเสียงก็ยิ่งสูงขึ้น |
|8. แหล่งกำเนิดเสียง | H. อุณหภูมิ |
|9. อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | I. 331 เมตรต่อวินาที |
|10 อัตราเสียงจะแปรผันตาม | J. เสียงที่มีความถี่สูงและต่ำมีอัตราเร็วเท่ากัน |

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีแก้ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

โจทย์ : ที่ภูกระดึงมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีเจ้าหน้าที่อุทยานรับสัญญาณวิทยุด้วยความยาวคลื่น 4 เมตร จงหาความถี่ของสัญญาณวิทยุที่เจ้าหน้าที่อุทยานได้ยินว่ามีค่าเท่ากับกี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ความยาวคลื่น $\lambda = 4 \text{ m}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

พูน ปณ จิโต ชีเว

เฉลย ใบงานที่ 3.1

เรื่อง ธรรมชาติและอัตราเร็วของเสียง

ตอนที่ 1 คำชี้แจง ให้นักเรียนนำอักษรหน้าข้อความทางขวามือ มาใส่หน้าข้อที่มีความหมายตรงกันที่ซ้ายมือ

- | | |
|--|---|
|c...1. คลื่นเสียงเป็น | A. ได้ดีไม่เท่ากัน |
|f...2. เสียงดังมากแสดงว่า | B. วัตถุที่มีการสั่นสะเทือน |
|g...3. ถ้าอุณหภูมิของอากาศยิ่งสูงขึ้น | C. คลื่นตามยาวเท่านั้น |
|i...4. อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส | D. ความยาวคลื่นของคลื่นเสียงจะต่ำลง |
|d...5. เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง | E. 349 เมตรต่อวินาที |
|j...6. ในสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิเท่ากัน | F. มีแอมพลิจูดมาก |
|a...7. เสียงเดินทางผ่านตัวกลาง | G. อัตราเร็วของเสียงก็ยิ่งสูงขึ้น |
|b...8. แหล่งกำเนิดเสียง | H. อุณหภูมิ |
|e...9. อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | I. 331 เมตรต่อวินาที |
|h...10 อัตราเสียงจะแปรผันตาม | J. เสียงที่มีความถี่สูงและต่ำมีอัตราเร็วเท่ากัน |

พูน ปณ จิโต ชีเว

(ตัวอย่าง)

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 4 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 1 ชั่วโมง

1. Taylor Swift ร้องเพลงด้วยเสียงที่มีความถี่ 200 เฮิร์ตซ์ และถ้าอากาศ ณ บริเวณนั้นมีอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส จงหาความยาวคลื่นเสียงที่ Taylor swift ร้องเพลง

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ความถี่ $f = 200 \text{ Hz}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

พูน ปณ จิโต ชีเว

2. ในวันขึ้นปีใหม่มีการยิงพลุขึ้นไปแตกบนอากาศเกิดเสียงดัง วัดกำลังเสียงได้ 10π วัตต์ จงหาความเข้มเสียงที่ชายคนหนึ่งได้ยิน ถ้าเขายืนอยู่ห่างจากจุดที่พลุแตกเป็นระยะทาง 100 เมตร

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. กำลังเสียง $P = 10\pi$ W

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

พูน ปณ จิโต ชีเว

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

พูน ปณ จิโต ชีเว

3. เรือหาปลาลำหนึ่งส่งคลื่นโซนาร์ไปในแนวทำมุม 60 องศากับผิวน้ำ เพื่อค้นหาปลาฉลาม ถ้าหลังจากส่งคลื่นโซนาร์ออกไป 4 วินาที จึงได้รับคลื่นสะท้อนกลับ จงหาว่าปลาฉลามอยู่ลึกจากผิวน้ำเป็นระยะเท่าใด เมื่อกำหนดให้อัตราเร็วเสียงในน้ำมีค่าเท่ากับ 1500 เมตร/วินาที

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. อัตราเร็วเสียงในน้ำ $v = 1,500 \text{ m/s}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

พูน ปณ จิโต ชีเว

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

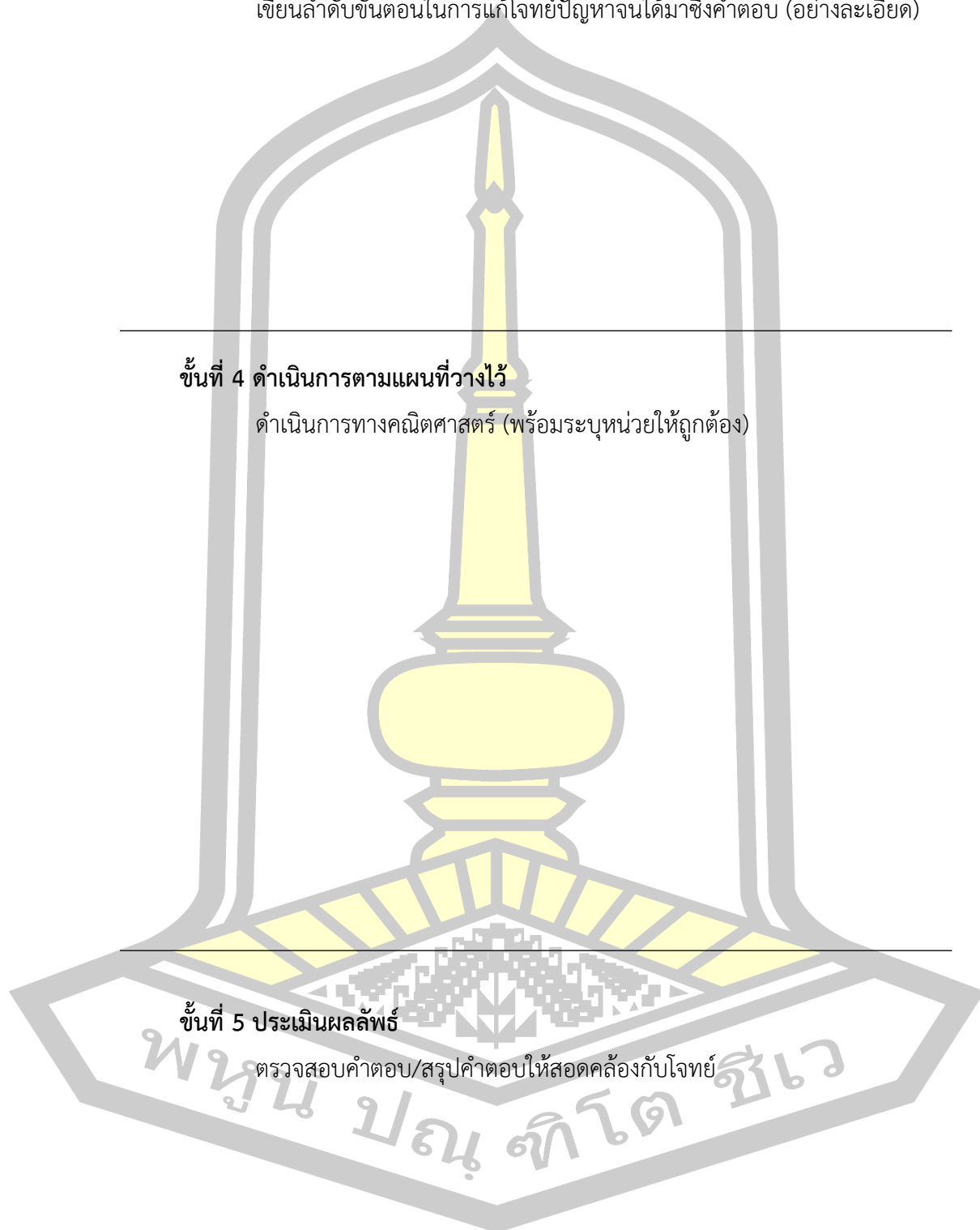
เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์



4. รถไอศกรีมเคลื่อนที่ไปแต่ละบ้านด้วยอัตราเร็ว 30 เมตร/วินาที เปิดเพลงที่มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ความถี่ปรากฏต่อเด็กที่อยากกินไอศกรีมที่กำลังปั่นจักรยานสวนทางมาด้วยอัตราเร็ว 20 เมตร/วินาที มีค่าเท่าใด เมื่อรถไอศกรีมเคลื่อนที่เข้าหาเด็กและรถไอศกรีมเคลื่อนที่ออกห่างจากเด็ก กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นมีค่าเป็น 346 เมตร/วินาที

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

Ex. ความถี่แหล่งกำเนิด $f_s = 400 \text{ Hz}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากกว่า 1 สมการ)

พจนานุกรม ปณ จิต โสว

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

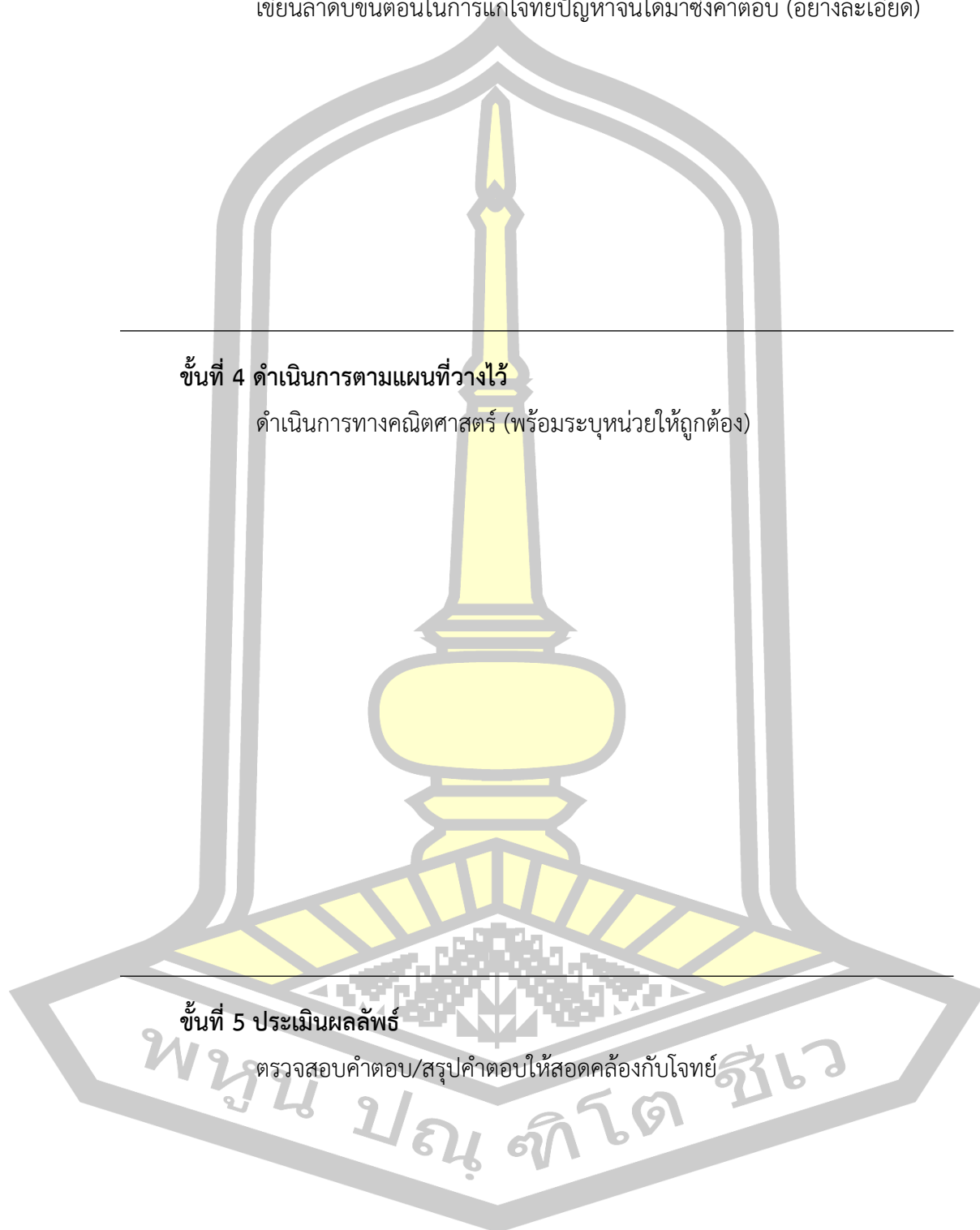
เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลลัพธ์

ตรวจสอบคำตอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์



6. ถ้าฟ้าแลบและได้ยินเสียงฟ้าร้องในเวลา 3 วินาที ต่อมา จงหาตำแหน่งที่ฟ้าแลบอยู่ไกลเท่าใด เมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่า 340 m/s

- ก. 510 m ข. 840 m
ค. 900 m ง. 1020 m

7. ปรากฏการณ์ฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้องสามารถอธิบายได้ด้วยสมบัติของคลื่นเสียงข้อใด

- ก. สมบัติการสะท้อน ข. สมบัติการหักเห
ค. สมบัติการเลี้ยวเบน ง. สมบัติการแทรกสอด

8. อัตราเร็วเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสมีค่าเป็น 350 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียสจะมีค่าเท่าใด

- ก. 700 m/s ข. 900 m/s
ค. 1050 m/s ง. 1250 m/s

9. ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 170 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับบีบแตรเพื่อให้สัญญาณทำให้คนที่ยืนอยู่บนทางเท้าหน้าปากซอยได้ยินเสียงแตรชัดเจน จงหาขนาดความกว้างซอยมีค่าเท่ากับกี่เมตร

- ก. 0.5 m ข. 1.0 m
ค. 1.5 m ง. 2.0 m

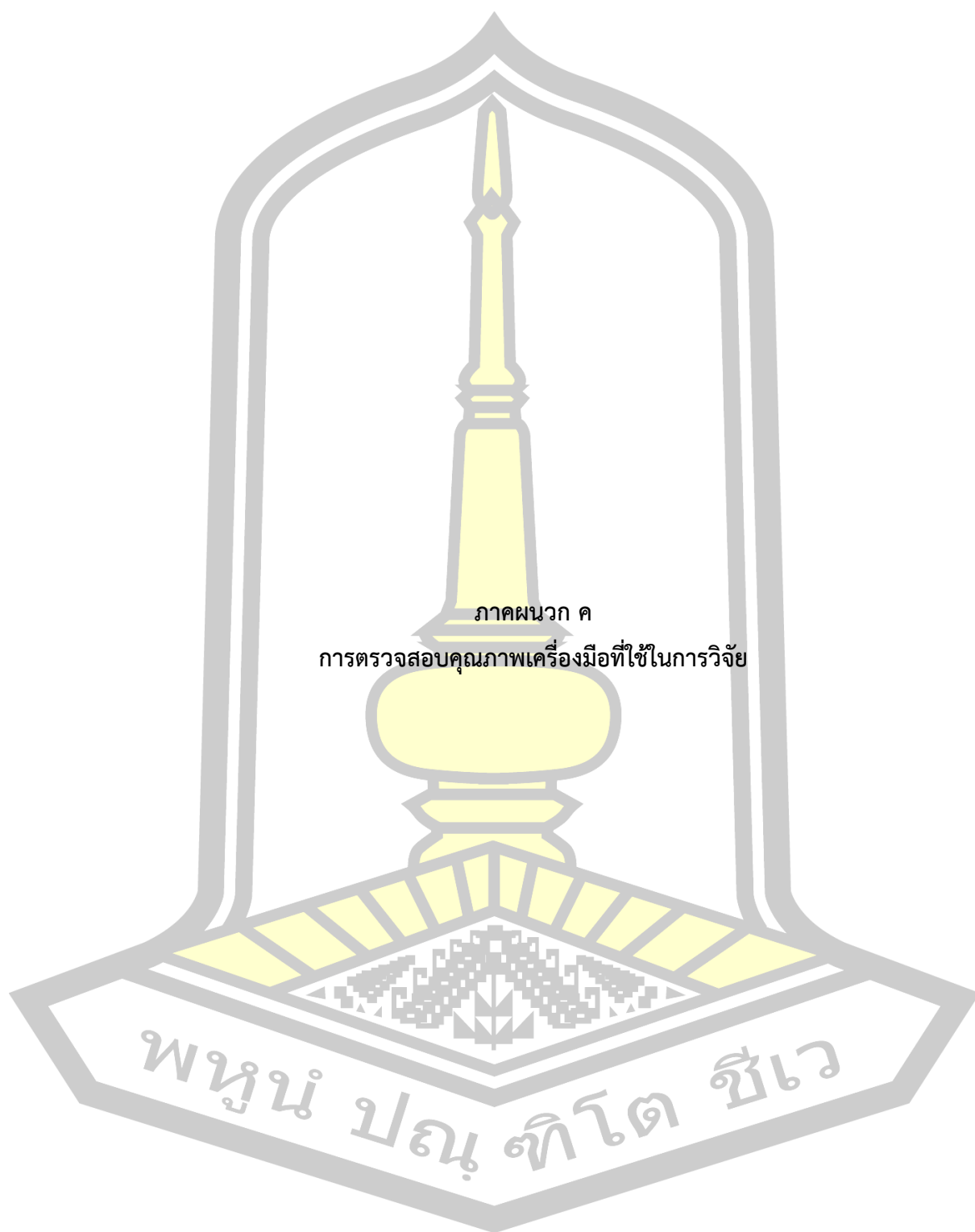
10. ชายคนหนึ่งตะโกนให้เสียงเคลื่อนที่ผ่านเข้าทางหน้าต่างในแนวตั้งฉาก โดยหน้าต่างมีความกว้าง 0.8 เมตร ถ้าเพื่อนของเขายืนอยู่ข้างหน้าต่างได้ยินเสียงชัดเจน จงหาความถี่ของเสียงนี้ ถ้าในขณะนั้น อากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

- ก. 425 Hz ข. 432.5 Hz
 ค. 450 Hz ง. 465.5 Hz

11. การแทรกสอดกันของเสียงจะทำให้เกิดเสียงดังและค่อยสลับกันไป โดยตำแหน่งที่เกิดเสียงดัง เรียกว่าตำแหน่งใด

- ก. ตำแหน่งขั้ว (Anode)
ข. ตำแหน่งปฏิขั้ว (Node)
ค. ตำแหน่งขั้ว (Node)
ง. ตำแหน่งปฏิขั้ว (Anode)

12. ลำโพงสองตัวหันไปทางเดียวกัน ให้คลื่นความถี่ 680 เฮิรตซ์ และมีเฟสตรงกัน A เป็นจุดๆ หนึ่ง อยู่หน้าลำโพงทั้งสอง ห่างจากลำโพงเป็นระยะ 10 เมตร และ 13 เมตร ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศ เท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่าจะจุด A อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด
- ก. บัพที่ 3 ข. ปฏิบัพที่ 3
ค. บัพที่ 6 ง. ปฏิบัพที่ 6
13. กำลังเสียงที่ถ่ายทอดผ่านพื้นที่ซึ่งตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่คือข้อใด
- ก. คุณภาพเสียง ข. ความเข้มเสียง
ค. ระดับเสียง ง. ระดับสูงต่ำของเสียง
14. แหล่งกำเนิดเสียงกำลัง 200 วัตต์ กระจายเสียงออกไปโดยรอบสม่ำเสมอ จงหาความเข้มเสียงที่ ระยะห่างออกไป 100 เมตร
- ก. $1.32 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$ ข. $1.24 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$
ค. $1.57 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$ ง. $1.8 \times 10^{-1} \text{ W/m}^2$
15. ความเข้มของเสียงจากเครื่องบินมีค่าเป็น 10^{-2} วัตต์ต่อตารางเมตร ระดับเสียงของเครื่องบินมีค่า เท่าใด
- ก. 85 dB ข. 90 dB
ค. 95 dB ง. 100 dB
16. ระดับเสียงที่มนุษย์ปกติสามารถรับฟังได้อยู่ในช่วงใด
- ก. 0 – 20,000 Hz ข. 20 – 20,000 Hz
ค. 0 – 100 dB ง. 0 – 120 dB
17. คลื่นนิ่งของเสียงในท่อจะเกิดขึ้นเมื่อใด
- ก. เมื่อคลื่นสองขบวนมีความถี่และอัตราเร็วเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกัน
ข. เมื่อคลื่นสองขบวนมีความถี่และอัตราเร็วไม่เท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกัน
ค. เมื่อคลื่นสองขบวนมีความถี่และอัตราเร็วเท่ากัน เคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
ง. เมื่อคลื่นสองขบวนมีความถี่และอัตราเร็วไม่เท่ากัน เคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
18. ถ้าเสียงความถี่ 575 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดการสะท้อนพ้องครั้งที่ 1 ในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน ถ้าอัตราเร็ว เสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 350 เมตร/วินาที จงหาความยาวของท่อทรงกระบอกนี้
- ก. 0.15 m ข. 0.20 m
ค. 0.25 m ง. 0.5 m



ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้								
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5	แผน 6	แผน 7	แผน 8	แผน 9
1. องค์ประกอบของแผนและหน่วยการเรียนรู้									
1.1 หน่วยการเรียนรู้มีความ สมบูรณ์ และเหมาะสม มีรายละเอียดที่สอดคล้อง สัมพันธ์กัน	4.60	4.40	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มี ความสัมพันธ์กับหน่วยการ เรียนรู้ที่กำหนด	4.40	4.80	4.60	4.80	4.80	4.40	4.60	4.80	4.80
1.3 แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	4.80	4.80	4.80	4.40	4.40	4.80	4.80	4.80	4.80
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.60	4.67	4.70	4.60	4.60	4.60	4.67	4.73	4.73
2. สาระสำคัญ									
2.1 สอดคล้องกับผลการ เรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
2.2 ครอบคลุมจุดประสงค์ และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.60	4.80	4.60	4.80	4.80	4.80	4.40	4.80	4.80
2.3 กระชับ ชัดเจน สมบูรณ์	4.40	4.60	4.60	4.40	4.60	4.60	4.60	4.40	4.60
2.4 เหมาะสมกับวัยของ นักเรียน	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.55	4.70	4.65	4.65	4.70	4.70	4.60	4.65	4.70

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้								
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5	แผน 6	แผน 7	แผน 8	แผน 9
5. กิจกรรมการเรียนรู้									
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	4.60	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	4.60	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
5.3 ความเหมาะสมของกิจกรรม/วิธีการ/เทคนิคที่ใช้ในแต่ละชั้น	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
5.4 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	4.40	4.20	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
5.5 ได้รับความสนใจของนักเรียน	4.60	4.60	4.20	4.60	4.40	4.60	4.60	4.60	4.60
5.6 ส่งเสริมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน	4.80	4.80	4.80	4.20	4.80	4.40	4.60	4.60	4.80
5.7 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.60	4.60	4.80
5.8 เหมาะสมกับเวลา	4.60	4.60	4.60	4.20	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.60	4.60	4.60	4.52	4.62	4.60	4.60	4.60	4.65
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้									
6.1 เหมาะสม สามารถสื่อถึงเรื่องที่สอนได้ชัดเจน	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
6.2 มีความน่าสนใจ	4.40	4.60	4.80	4.40	4.40	4.60	4.60	4.40	4.40
6.3 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.80	4.80	4.60	4.80	4.80	4.60	4.80	4.80	4.60
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.60	4.67	4.67	4.60	4.60	4.60	4.67	4.60	4.53

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้								
	แผน	แผน	แผน	แผน	แผน	แผน	แผน	แผน	แผน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. การวัดและประเมินผล									
7.1 เป็นไปตามวัตถุประสงค์	4.60	4.60	4.80	4.60	4.60	4.80	4.60	4.60	4.80
7.2 ความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.60	4.40
7.3 ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	4.60	4.60	4.60	4.40	4.60	4.60	4.20	4.60	4.60
7.4 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	4.80	4.20	4.80	4.60	4.60	4.80	4.80	4.60
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.55	4.60	4.50	4.55	4.55	4.60	4.50	4.65	4.60
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.58	4.60	4.60	4.57	4.60	4.61	4.59	4.62	4.62
ระดับความเหมาะสมของแผน	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด

จากตาราง 13 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง เสียง จำนวนทั้งสิ้น 9 แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.57 – 4.62 ซึ่งทุกแผนเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ
จุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) เรื่อง เศษส่วน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้
โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง
2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5	0	+1	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
15	0	+1	+1	+1	0	3	0.60	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

จากตาราง 14 พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าดัชนีความ
สอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

ตารางที่ 15 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหา

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	แปลผล
*1	0.48	0.41	ใช้ได้
2	0.74	0.23	ใช้ได้
3	0.39	0.21	ใช้ได้
*4	0.65	0.61	ใช้ได้
5	0.86	0.25	ใช้ไม่ได้
*6	0.57	0.54	ใช้ได้
*7	0.56	0.55	ใช้ได้
8	0.39	0.49	ใช้ได้
*9	0.58	0.56	ใช้ได้
10	0.77	0.16	ใช้ไม่ได้
11	0.55	0.56	ใช้ได้
*12	0.61	0.63	ใช้ได้
13	0.28	0.35	ใช้ได้
*14	0.49	0.39	ใช้ได้
15	0.84	0.15	ใช้ไม่ได้
*16	0.45	0.47	ใช้ได้

* ข้อสอบที่คัดเลือก

จากตาราง 15 พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.45 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.63 จากนั้นคัดข้อสอบมาใช้ พิมพ์ฉบับจริงจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเท่ากับ 0.87

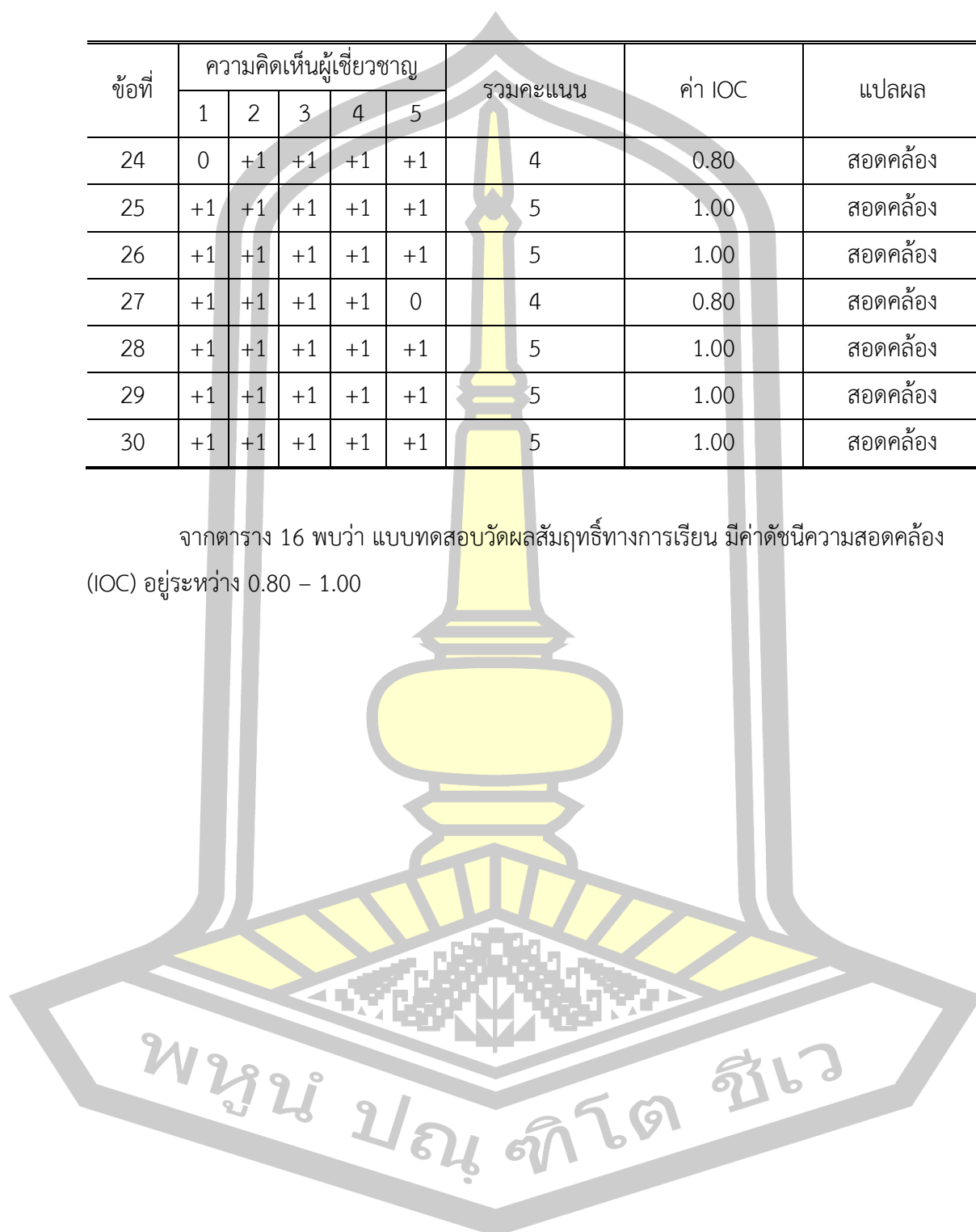
ตารางที่ 16 วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) เรื่อง เสียง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเซลล์เลอร์และเซลล์เลอร์

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
14	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
24	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

จากตาราง 16 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00



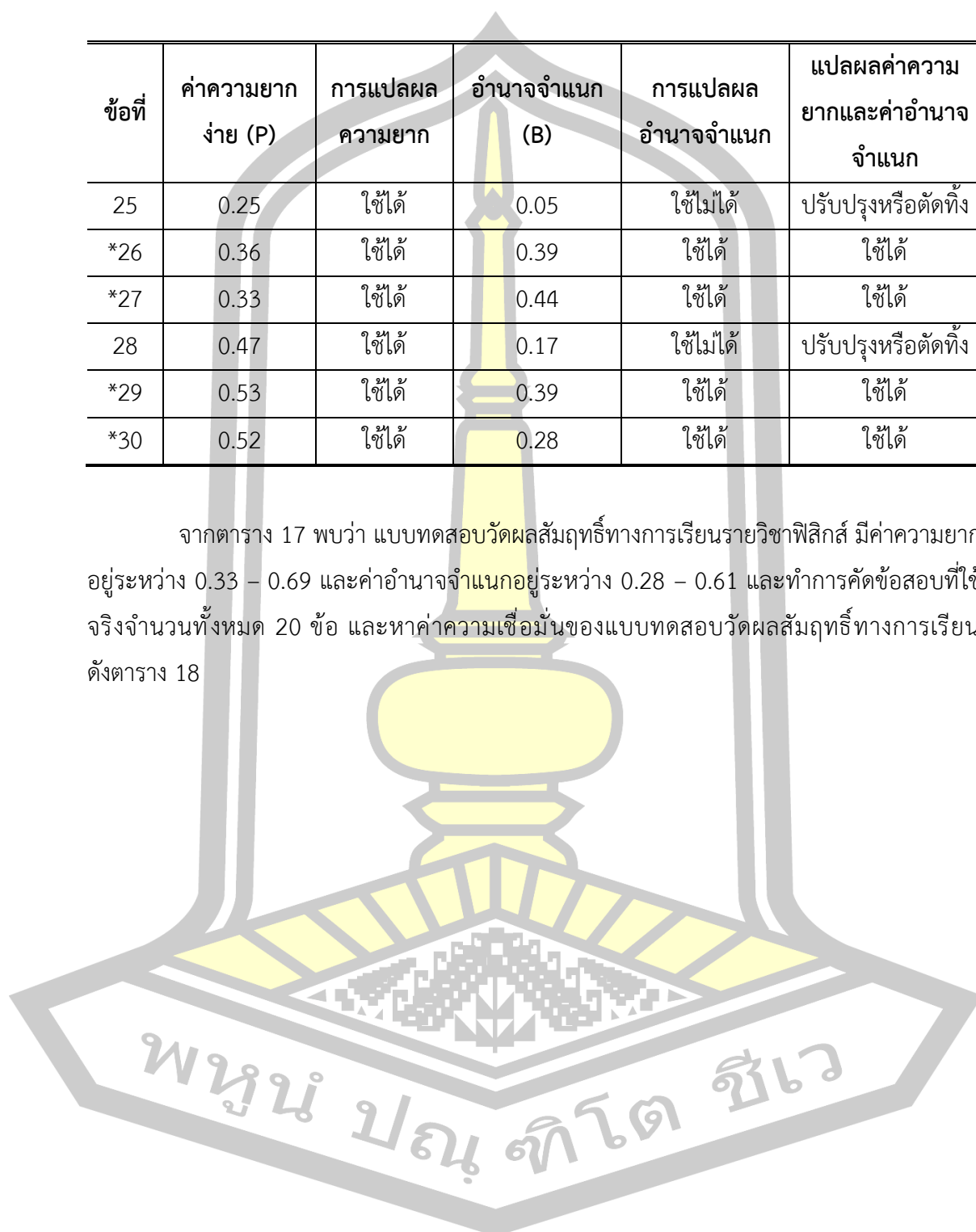
ตารางที่ 17 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก ง่าย (P)	การแปลผล ความยาก	อำนาจจำแนก (B)	การแปลผล อำนาจจำแนก	แปลผลค่าความ ยากและค่าอำนาจ จำแนก
1	0.11	ใช้ไม่ได้	0.50	ใช้ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
*2	0.69	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
*3	0.56	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
*4	0.64	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
*5	0.50	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
*6	0.69	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.09	ใช้ได้	-0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
*8	0.61	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
*9	0.58	ใช้ได้	0.61	ใช้ได้	ใช้ได้
*10	0.44	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้ได้
*11	0.50	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
*12	0.53	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
*13	0.36	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.84	ใช้ไม่ได้	0.12	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
15	0.17	ใช้ไม่ได้	0.44	ใช้ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
16	0.86	ใช้ไม่ได้	-0.02	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
*17	0.53	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
*18	0.56	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้ได้
*19	0.53	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.41	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.58	ใช้ได้	0.84	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
*22	0.50	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
*23	0.58	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.19	ใช้ไม่ได้	0.16	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก ง่าย (P)	การแปลผล ความยาก	อำนาจจำแนก (B)	การแปลผล อำนาจจำแนก	แปลผลค่าความ ยากและค่าอำนาจ จำแนก
25	0.25	ใช้ได้	0.05	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
*26	0.36	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
*27	0.33	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.47	ใช้ได้	0.17	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
*29	0.53	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้
*30	0.52	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้ได้

จากตาราง 17 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.61 และทำการคัดข้อสอบที่ใช้จริงจำนวนทั้งหมด 20 ข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังตาราง 18



ตารางที่ 18 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	x	x^2	$x - C$	$(x - C)^2$
1	11	121	-3	9
2	7	49	-7	49
3	18	324	4	16
4	8	64	-6	36
5	9	81	-5	25
6	12	144	-2	4
7	8	64	-6	36
8	10	100	-4	16
9	8	64	-6	36
10	8	64	-6	36
11	10	100	-4	16
12	8	64	-6	36
13	13	169	-1	1
14	11	121	-3	9
15	14	196	0	0
16	8	64	-6	36
17	10	100	-4	16
18	5	25	-9	81
19	4	16	-10	100
20	16	256	2	4
21	12	144	-2	4
22	6	36	-8	64
23	15	225	1	1
24	11	121	-3	9
25	11	121	-3	9
26	15	225	1	1

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	x	x^2	$x - C$	$(x - C)^2$
27	14	196	0	0
28	5	25	-9	81
29	6	36	-8	64
30	8	64	-6	36
31	11	121	-3	9
32	12	144	-2	4
33	7	49	-7	49
34	11	121	-3	9
35	5	25	-9	81
36	7	49	-7	49
รวม	354	3888	-150	1032

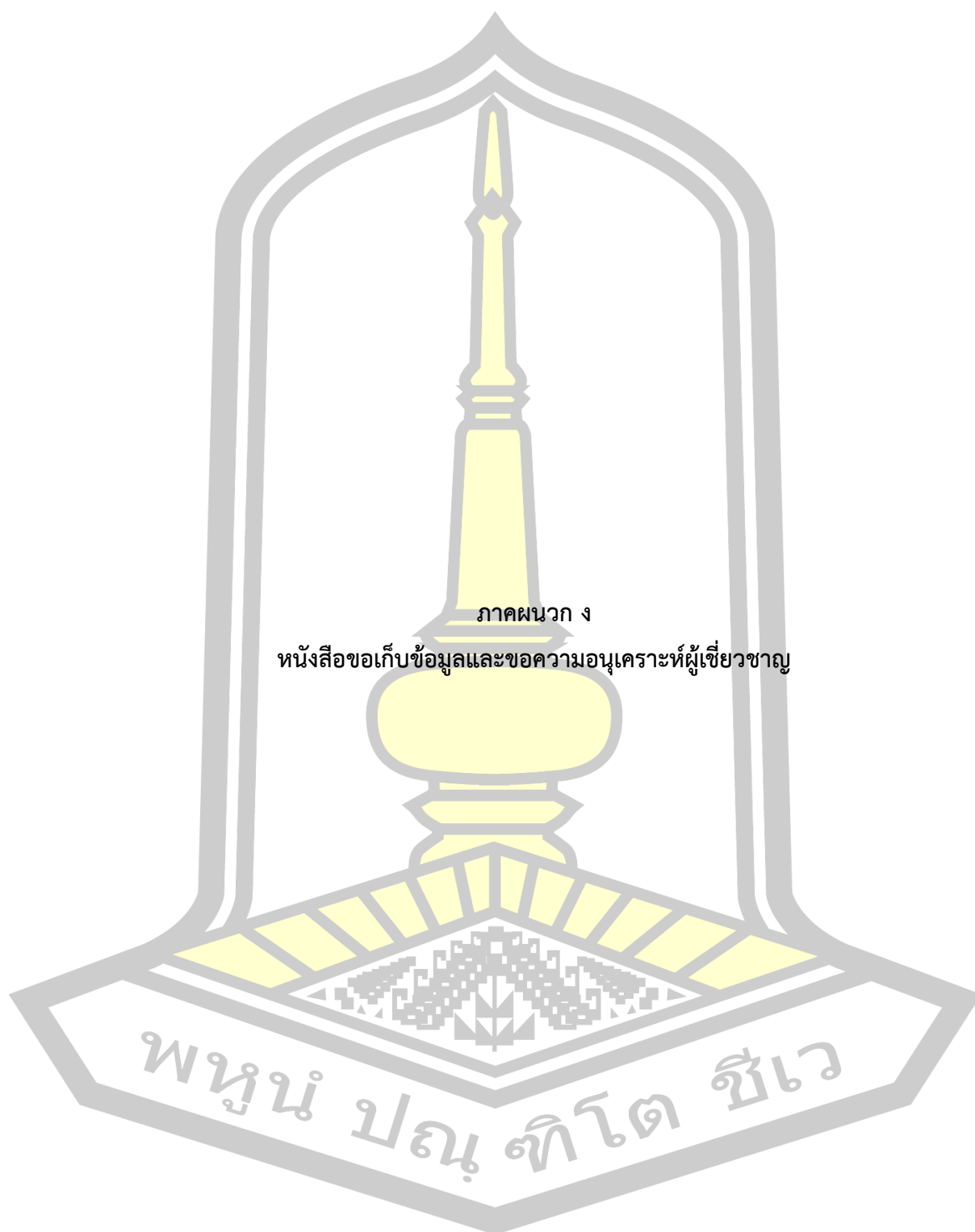
จากตาราง 18 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า $x_i = 354$ ค่า $x^2 = 3888$ ค่า $x - C = -150$ และค่า $(x - C)^2 = 1032$ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ โดยใช้วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของ (Lovett) (มนตรี วงษ์สะพาน. 2563 : 250)

$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum X_i - \sum X_i^2}{(K - 1) \sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ
	X_i	แทน	คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน
	C	แทน	คะแนนเกณฑ์เป้าหมายที่ต้องการ

$$\text{แทนค่าในสูตร } r_{cc} = 1 - \frac{20(354) - 3888}{(20 - 1)(1032)} \quad r_{cc} = 0.84$$

สรุปค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.84





ที่ อว 0605.5(2)/ว1799

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

4 มิถุนายน 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาลวัดสระทอง

ด้วย นายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเซลล์เลอร์และเซลล์เลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นายชาคริต มีรัตน์ เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941



ที่ อว 0605.5(2) /

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรียน รศ.ดร.พัชรวิทย์ จันทร์ศิริสร (หนังสือภายใน)

ด้วย นายนายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ
กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม.
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมี
ประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941



ที่ อว 0605.5(2)/ว2140

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

14 กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรียน รศ.ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน (หนังสือภายใน)

ด้วย นายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941



ที่ อว 0605.5(2) /

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรียน อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม (หนังสือภายใน)

ด้วย นายนายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ
กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม.
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมี
ประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941



ที่ อว 0605.5(2)/ว2140

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

14 กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวณปภัช สุวิสอน

ด้วย นายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941



ที่ อว 0605.5(2)/ว2140

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

14 กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางชวัลนุช ครองสนั่น

ด้วย นายชาคริต มีรัตน์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ วุฒิอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0824951941

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายชาคริต มีรัตน์
วันเกิด	วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองบึงกาฬ จังหวัดบึงกาฬ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 198 หมู่ 5 บ้านโนนไผ่ศาล ตำบลโคกกวาง อำเภอบุงคล้า จังหวัดบึงกาฬ รหัสไปรษณีย์ 38000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 ประถมศึกษา โรงเรียนมหาไถ่ศึกษา จังหวัดบึงกาฬ พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบึงกาฬ จังหวัดบึงกาฬ พ.ศ. 2564 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม

พูน ปณ ทัต ชีเว