การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิรัตน์ ขันเขต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วิรัตน์ ขันเขต ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

.....กรรมการ
(ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์)

.....กรรมการ
(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....กรรมการ
(ดร.ธนะวัฒน์ วรรณประภา)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 25 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษ
ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์ของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้วิจัย ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น และดร.ธนวัฒน์ วรรณประภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำชี้แนะและตรวจแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านที่สละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนคณะครูและขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการหาคุณภาพเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก โครงการผลิตครูผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ซึ่งเป็นโครงการของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมโชค และคุณแม่สมจันทร์ ขันเขต รวมทั้งเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

วิรัตน์ ขันเขต

58910053: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)/ กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

วิรัตน์ ขันเขต: การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (LEARNING MANAGEMENT BY USING THE INQUIRY METHOD (5E) WITH THE HELLER AND HELLER LOGICAL PHYSICS PROBLEM SOLVING STRATEGY TO DEVELOP LEARNING ACHIEVEMENT AND THE ABILITY OF PHYSICS PROBLEM SOLVING OF TENTH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ศรัณย์ ภิบาลชนม์, ปร.ด., กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด. 166 หน้า ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 32 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 51.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สูงขึ้นร้อยละ 71.04 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

58910053: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: INQUIRY METHOD(5E)/ HELLER AND HELLER LOGICAL PHYSICS PROBLEM SOLVING STRATEGY/ LEARNIING ACHIEVMENT/ ABILITY OF PHYSICS PROBLEM SOLVING

WIRAT KHANKHET: LEARNING MANAGEMENT BY USING THE INQUIRY METHOD (5E) WITH THE HELLER AND HELLER LOGICAL PHYSICS PROBLEM SOLVING STRATEGY TO DEVELOP LEARNING ACHIEVEMENT AND THE ABILITY OF PHYSICS PROBLEM SOLVING OF TENTH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: SARUN PHIBANCHON, Ph.D., KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D. 166 P. 2017.

The purposes of this research were to develop the ability of Physics problem solving and learning achievement of tenth grade students by using the inquiry method (5E) with the Heller and Heller logical Physics problem solving strategy. This research was a classroom action research. The participants in this study consisted of 32 tenth grade students in the second semester of the 2016 academic year at Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University.
The research instruments were lesson plans based on inquiry method (5E) with the Heller and Heller logical Physics problem solving strategy, learning achievement test, and ability of Physics problem solving test. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and measuring development score. The results show that:

1. The score of learning achievement development, after using the inquiry method (5E) with the Heller and Heller logical Physics problem solving strategy in Rotational motion, was at high level with 51.58%.

2. The ability of Physics solving development score, after using the inquiry method (5E) with the Heller and Heller logical Physics problem solving strategy in Rotational motion, was at high level with 71.04 %.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

คำถามการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 4

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551..... 11

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)..... 20

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์..... 39

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 45

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์..... 55

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน..... 66

คะแนนพัฒนาการ..... 76

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 77

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 80

กลุ่มเป้าหมาย..... 80

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	รูปแบบการวิจัย	80
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	81
	การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	81
	วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	100
	การวิเคราะห์ข้อมูล	101
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	101
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	106
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	106
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	126
บรรณานุกรม		133
ภาคผนวก		139
	ภาคผนวก ก	140
	ภาคผนวก ข	145
	ภาคผนวก ค	147
ประวัติย่อของผู้วิจัย		166

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้..... 32

2-2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้..... 35

2-3 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์..... 62

2-4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์..... 64

2-5 ผลการวัดและคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน..... 77

3-1 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน..... 83

3-2 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้..... 90

3-3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์..... 96

3-4 วิเคราะห์การให้คะแนนการทำข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.... 99

4-1 คะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์..... 107

4-2 คะแนนพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทยปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์..... 111

4-3 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2..... 114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-4 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3..... 118

4-5 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4..... 121

4-6 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3..... 124

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

2-1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น..... 27

2-2 การขยายวัฏจักรการเรียนรู้ จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น..... 28

2-3 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart..... 69

2-4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer..... 69

2-5 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick..... 71

2-6 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Susman..... 73

2-7 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ O'Lery..... 74

2-8 แผนภูมิแท่งแสดงพัฒนาการของผู้เรียน..... 77

4-1 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์..... 110

4-2 กราฟแสดงระดับคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3..... 124

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีคามรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, หน้า 4) และมุ่งหวังให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ โดยปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากเดิมที่เน้นให้ผู้เรียนจดจำเนื้อหาสาระและใช้การวัดประเมินผลจากการทดสอบด้วยข้อสอบ เป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นความสำคัญกับผู้เรียนในการคิดและลงมือปฏิบัติ มีเป้าหมายของการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ครอบคลุมทั้งความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ การใช้เทคโนโลยี (วรนุช แหยมแสง, 2554, หน้า 74) แต่ระบบการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังไม่เป็นไปตามความมุ่งหวังเพราะระบบการเรียนการการสอนเป็นลักษณะการป้อนข้อมูลให้ท่องจำ ไม่มีส่วนช่วยกระตุ้นให้เกิดความอยากเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ขาดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (ชนาธิป พรกุล, 2545, หน้า 4) ซึ่งวิธีการสอนแบบนี้ทำให้นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้น ไม่มีความมั่นใจในตัวเอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่สามารถเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง (สิริเกศ หมัดเจริญ, 2553, หน้า 2)

จากผู้วิจัยได้มีโอกาสได้เข้าไปสังเกตการเรียนการสอนและสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่งลักษณะของห้องเรียนเป็นแบบคละความสามารถ พบว่าการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นการเรียนการสอนแบบบรรยาย ซึ่งทำให้นักเรียนขาดความสนใจในบทเรียน ไม่เกิดแรงกระตุ้นในการเรียน ไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ของโจทย์ปัญหา ไม่สามารถเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองได้ และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องเพียงพอรวมถึงไม่มีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบอย่างเป็นระบบมากนัก โดยนักเรียนจะรอครูผู้สอนเฉลยและลอกคำตอบตาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาเหตุส่วนหนึ่งเกิด

จากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์ส่งผลให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหา ไม่มีกลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอน รวมถึงวิธีการสอนไม่มีกิจกรรมที่จะส่งผลให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดที่เป็นระบบมากเท่าที่ควร (ทนงศักดิ์ ประสบกิตติคุณ, สัมภาษณ์, 16 กุมภาพันธ์ 2559) จากวิธีการสอนดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบเรียนวิชาที่ต้องใช้ทักษะในการคำนวณและไม่ชอบเรียนวิชาฟิสิกส์ที่ต้องใช้ทักษะในการวิเคราะห์โจทย์ในการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงทั้งระดับโรงเรียนและระดับประเทศ ซึ่งเห็นได้จากผลการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ประจำปีการศึกษา 2559 ซึ่งเป็นคะแนนที่มหาวิทยาลัยจะนำไปใช้ประกอบการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อสถาบันอุดมศึกษาระบบรับตรงพบว่า คะแนนเฉลี่ยในแต่ละวิชาคิดจากคะแนนเต็ม 100 มีดังนี้ ภาษาไทย คะแนนเฉลี่ย 56.65 สังคมศึกษา คะแนนเฉลี่ย 34.96 ภาษาอังกฤษ คะแนนเฉลี่ย 30.97 คณิตศาสตร์ 1 คะแนนเฉลี่ย 28.70 ชีววิทยา คะแนนเฉลี่ย 27.32 วิทยาศาสตร์ทั่วไป คะแนนเฉลี่ย 26.43 เคมี คะแนนเฉลี่ย 24.52 ฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ย 22.90 และ คณิตศาสตร์ 2 คะแนนเฉลี่ย 20.88 (คมชัดลึก, 2559) ซึ่งพบว่า วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่นักเรียนทำคะแนนได้เฉลี่ยรองอับดับสุดท้าย

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และครูผู้สอนใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและค้นหาวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, หน้า 56) และได้เรียนรู้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาไปด้วยพร้อม ๆ กัน ซึ่ง การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้นั้นเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดและการหาคำตอบอย่างเป็นระบบ ฝึกให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์จริง โดยเฉพาะขั้นสำรวจและค้นหา ผู้เรียนจะได้รับปัญหาหรือสถานการณ์นั้นจากครูผู้สอนเพื่อสำรวจค้นหาคำตอบจากสถานการณ์จริงโดยปราศจากการสอนโดยตรงจากครู ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ให้กับผู้เรียนให้เข้าใจในเนื้อหา หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดีและยังสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะฉัตร์ ชัยมาลา (2550) ที่ศึกษา ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า นักเรียนร้อยละ 82.86 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีเหตุผลและเป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นขั้นการทำความเข้าใจภาพรวมของโจทย์ปัญหาโดยการสร้างภาพและระบุตัวแปรที่โจทย์ต้องการ ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นขั้นที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นขั้นตอนวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาบนพื้นฐานหลักการฟิสิกส์ร่วมกับเทคนิคทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) เป็นขั้นตอนดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการเพื่อหาคำตอบ และขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบโดยดูว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความสมเหตุสมผลกับคำถามหรือไม่ รวมถึงการตรวจสอบหน่วยที่ได้ (Heller & Heller, 2010) จะเห็นได้ว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบ และสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในการแก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ที่ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาแทรกไว้ในขั้นขยายความรู้ของวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) และนำวิธีการสอนดังกล่าวไปใช้ในขั้นปฏิบัติการตามแผน (Action) ตามรูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (PAOR) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้อย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้อย่างไร

ความสำคัญของการวิจัย/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยตนเองตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ มีกระบวนการ มีขั้นตอนที่ถูกต้องโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้นหลังผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

1.1 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 32 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่ โดยมีประเด็นเนื้อหาต่อไปนี้

3.1 การเคลื่อนที่แบบหมุน และปริมาณที่เกี่ยวข้อง

3.2 ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

3.3 พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน

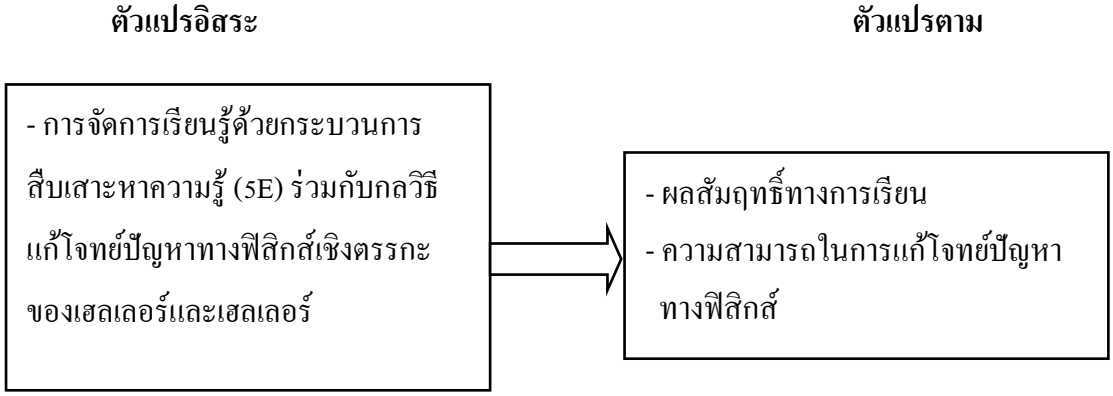
3.4 โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 14 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีฐานคิด หรือกรอบทฤษฎีสำหรับการศึกษาวิจัยเสนอดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง โดยครูผู้สอนจะใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการคิดและหาคำตอบด้วยตัวเองและครูยังเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.1 การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

1.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูจัดกิจกรรม ให้นักเรียนดำเนินการสังเกต มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ สำรวจทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล

1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลความหมาย สรุปและอภิปรายได้

1.4 การขยายความรู้ (Elaboration) ครูจัดกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

1.5 การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อการพัฒนาและสะท้อนถึงการจัดการเรียนการสอนของครูว่า มีปัญหาและความสำเร็จอย่างไร นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

2. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ หมายถึง การคิดหาวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหา โดยต้องเข้าใจในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองที่ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลข และข้อความ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ จนได้คำตอบของโจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง มีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน คือ

2.1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ และคำตอบที่โจทย์ต้องการ

2.2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์

2.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

2.4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) เป็นการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ

2.5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามที่โจทย์ถาม

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ทั้งยังพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยเน้นการฝึกคิดวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นตอน การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาและเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้วิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

3.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น และนำเสนอตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

3.4.2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

3.4.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

3.4.4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

3.4.5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

3.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยการทำแบทดสอบว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ใช้วัดความรู้หรือคุณภาพของความรู้ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

จำนวน 20 ข้อ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ใน 4 ระดับของพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการคิดหาวิธีการที่หาทางออกของปัญหาได้โดยต้องเข้าใจในปัญหาและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ และสามารถหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ที่เกิดจากทักษะหรือความชำนาญในการคิดหาวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหา โดยต้องเข้าใจในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองทางฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลข และข้อความ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ จนได้คำตอบของโจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง

6. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษารวบรวมหรือแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปโดยมีวิธีการแก้ปัญหาดังนี้ ระบุปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล พัฒนาแผนปฏิบัติการ ซึ่งขั้นตอนในการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (PAOR) อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยมีวิธีดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของครูนักเรียน วิชาและสิ่งแวดล้อมเพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งจากการสังเกตชั้นเรียนผู้วิจัยได้

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในชั้นเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน คือ แผนที่ 1, 2 คือ วงจรที่ 1 แผนที่ 3 คือ วงจรที่ 2 และแผนที่ 4 เป็นวงจรที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง โ จะมีการสังเกตการณ์เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่ แบบทดสอบ บันทึกหลังการสอนของครู บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรม และใช้การสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อดังนี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)

1. ความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
3. ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)
5. บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
6. ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

1. ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหา
2. แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหา
3. ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา
4. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. ประเภทของผลสัมฤทธิ์
3. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1. ความหมายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
2. แนวคิดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
4. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. ความหมายการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน
2. ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียน

คะแนนพัฒนาการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2. หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

3. จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

3.1 มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

4.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้ง

การเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสาร ด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

4.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

4.2.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

4.2.2 ซื่อสัตย์สุจริต

4.2.3 มีวินัย

4.2.4 ใฝ่เรียนรู้

4.2.5 อยู่อย่างพอเพียง

4.2.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.2.7 รักความเป็นไทย

4.2.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

5. มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

5.1 ภาษาไทย

5.2 คณิตศาสตร์

5.3 วิทยาศาสตร์

5.4 สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

5.5 สุขศึกษาและพลศึกษา

5.6 ศิลปะ

5.7 การงานอาชีพและเทคโนโลยี

5.8 ภาษาต่างประเทศ

6. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

7. คุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการ และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

8. มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1: เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2: เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1: เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสาร และพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน

สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

9. คุณภาพผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่างๆ

- เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

- เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

- วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

- แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 5.1 ตลอดจนตัวชี้วัดของหลักสูตร เพื่อให้ทำแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลาง

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)

1. ความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

วิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นที่รู้จักกันหลายชื่อ เช่น วิธีสอนแบบสืบสวนวิธีสอนแบบสอบสวน วิธีสอนแบบสืบสอบ ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษว่า Inquiry Method และมีผู้ให้ความหมายไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

Good (1973, p. 303) อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นเทคนิคหรือกลวิธีเฉพาะ ในการจัดให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น และเสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบให้พบด้วยตนเอง ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่นักเรียนเผชิญในแต่ละครั้ง จะเป็นตัวกระตุ้นการคิด การสังเกต การใช้วิธีการอย่างชาญฉลาด สามารถทดสอบได้ และการสรุปอย่างมีเหตุผล

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 123) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึง การสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอนการจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายกับผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

ทิศนา แขมมณี (2553, หน้า 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบ หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตัวเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการและการทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นต้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 56) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบเสาะเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้ผู้เรียนเป็นผู้คว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา

ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง โดยครูผู้สอนจะใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการคิดและหาคำตอบด้วยตัวเองและครูยังเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการเชาวน์ปัญญาของ Vygotsky

ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของ Vygotsky เน้นความสำคัญของวัฒนธรรมและสังคมและการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาการเชาวน์ปัญญา Vygotsky กล่าวว่า การเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดู เพราะตั้งแต่แรกเกิด มนุษย์จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์ คือ วัฒนธรรม ซึ่งวัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะช่วยบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเด็กแต่ละวัยจะเพิ่มถึงขั้นสูงสุดตามศักยภาพของแต่ละบุคคลได้ ก็ต่อเมื่อได้รับการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็ก ซึ่ง Vygotsky ได้แบ่งระดับของเชาวน์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้น (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, หน้า 61-64) ดังนี้

1. ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นเบื้องต้น หมายถึง เชาวน์ปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้

2. ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา เด็กจะเรียนรู้ภาษา ทำให้เด็กเรียนรู้ความคิดรวบยอด สัญลักษณ์ต่างๆ ช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อม ซึ่งภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการคิด ภาษาจึงมีบทบาทที่สำคัญในการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา แล้ว Vygotsky ก็ได้แบ่งพัฒนาการของภาษาออกเป็น 3 ขั้น คือ

1. ภาษาที่ใช้ในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นหรือที่เรียกว่า “ภาษาสังคม” ซึ่งเด็กอายุตั้งแต่แรกเกิด ถึง 3 ขวบ เป็นขั้นแรกของการพัฒนาการทางภาษา ซึ่งเด็กจะใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดหรืออารมณ์ และในการควบคุมพฤติกรรมของผู้อื่น

2. ภาษาที่พูดกับตนเอง เด็กตั้งแต่อายุ 3-7 ขวบ ในเด็กวัยนี้จะใช้ภาษาพูดกับตนเอง โดยไม่จำเป็นจะต้องเกี่ยวข้องกับใคร เด็กมักจะใช้ภาษาคล้ายกับสิ่งที่สั่งให้ทำงานแม้ว่าจะพูดคนเดียว แต่มักจะออกเสียงให้ผู้อื่นได้ยินด้วย Vygotsky ให้ความสำคัญกับขั้นนี้ว่าเป็นบทบาทสำคัญในการประสานความคิดและพฤติกรรมหรือการแสดงออก

3. ภาษาที่พูดในใจเฉพาะตนเอง เด็กตั้งแต่อายุ 7 ขวบขึ้นไป ภาษาที่พูดในใจจะเป็นตัวแปรสำคัญในพัฒนาการเชาวน์ปัญญาขั้นสูง Vygotsky กล่าวว่า การคิดทุกอย่างใช้ภาษาที่ พูดในใจเงียบๆ

เนื่องจาก Vygotsky เห็นความสำคัญของการสอนหรือการช่วยเหลือเด็กให้พัฒนาเชาวน์ปัญญาอย่างเต็มที่ตามศักยภาพของแต่ละคน จากการวิจัยของ Vygotsky ในเรื่องนี้พบว่า เด็กบางคนสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องให้ผู้ใหญ่ช่วย เด็กบางคนไม่สามารถจะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเอง แต่ถ้าผู้ใหญ่ให้ความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถทำได้ แต่เด็กบางคนจะไม่สามารถเรียนรู้ได้แม้ว่าจะได้รับการช่วยเหลือ ซึ่ง Vygotsky ก็ได้อธิบายว่า เด็กแต่ละคนที่อยู่ในวัยเดียวกันจะมีบริเวณของความใกล้เคียงพัฒนาเชาวน์ปัญญาแตกต่างกัน บางคนอยู่เหนือ Zone of Proximal growth บางคนอยู่ระหว่าง และบางคนอยู่ต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น ในการทดสอบเด็กอายุ 5 ขวบ 3 คน ด้วยการให้ตอบคำถาม ปรากฏว่ามีเด็กสองคนตอบปัญหาได้เท่ากัน ผู้ทดสอบมักจะสรุปว่า เด็กทั้งสองคนมีระดับเชาวน์ปัญญาไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าผู้ทดสอบให้เด็กทั้งสองคนตอบปัญหาของเด็กอายุ 7 ขวบ โดยให้ความช่วยเหลือ (อธิบายหรือชี้แนะ) ปรากฏว่าเด็กคนหนึ่งตอบปัญหาของเด็กอายุ 7 ขวบได้ แต่อีกคนหนึ่งตอบไม่ได้ ก็แสดงว่าเด็กคนที่ตอบไม่ได้อยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal growth ซึ่ง Vygotsky เรียกการช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้นี้ว่า “Scaffolding” ซึ่งหมายความว่า การให้ความช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้หรือการแก้ปัญหาหรือการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเด็กไม่สามารถทำได้ด้วยตนเองให้สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ได้ นอกจากนี้ Vygotsky ยังอธิบายด้วยว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเด็กมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้ใหญ่ เช่น พ่อ แม่ ครูหรือเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในสภาวะสังคมและวัฒนธรรม ในกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาการเชาวน์ปัญญาเด็กหรือผู้เรียน เปลี่ยนสิ่งเร้าที่ เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้าไว้ภายในใจโดยอาศัยกลไกกลาง เป็นเครื่องช่วยเชื่อมโยงสิ่งเร้าภายนอกในสภาวะสังคมให้เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งที่มีอยู่เดิมภายในใจ กลไกกลางที่ใช้คือ เครื่องมือและเครื่องหมาย ซึ่งเครื่องมือคือสิ่งที่เด็กใช้เพื่อช่วยในการทำงานให้สัมฤทธิ์ผลตามความต้องการ ส่วนเครื่องหมายเป็นสิ่งที่ใช้แทนวัตถุสิ่งของที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรม

2.2 ทฤษฎีพัฒนาการเชาวน์ปัญญาของ Piaget

Piaget เชื่อว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมามีความพร้อมที่จะปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและถือว่ามนุษย์เรามีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ชนิด คือ การจัดและรวบรวม (Organization) และการปรับตัว (Adaptation) (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, หน้า 48-57) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

การจัดและรวบรวม (Organization) หมายถึง การจัดและรวบรวมกระบวนการต่าง ๆ ภายในเข้าเป็นระบบอย่างต่อเนื่องกัน เป็นระเบียบและมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ตราบที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

การปรับตัว (Adaptation) หมายถึง การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออยู่ในสภาพสมดุล ซึ่งการปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่าง ก็คือ

1. การซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ (Assimilation) ซึ่งเมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ ให้รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา

2. การปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา (Accommodation) คือ การเปลี่ยนแบบโครงสร้างของเชาวน์ปัญญาที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ใหม่ หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่

สรุปได้ว่า ในพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา บุคคลต้องมีการปรับตัวซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ การซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

Piaget กล่าวว่า ระหว่างระยะเวลาตั้งแต่วัยทารกจนถึงวัยรุ่น คนเราจะค่อย ๆ สามารถปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่ง Piaget ได้แบ่งพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาออกเป็น 4 ขั้น ดังต่อไปนี้

1. ขั้นระดับเชาวน์ปัญญา หมายถึง ระยะเวลาที่ก่อตั้งริเริ่มและรวบรวมความรู้คิดหรือเริ่มพัฒนาเชาวน์ปัญญา

2. การบรรลุถึงขั้นเชาว์ปัญญาขั้นหนึ่ง จะเป็นรากฐานสำหรับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาขั้นต่อไป กล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การพัฒนาทางเชาวน์ปัญญาเป็นสิ่งต่อเนื่องกัน

3. ระดับขั้นของพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาเป็นสิ่งที่เป็นไปตามลำดับขั้น

4. ขั้นพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาในแต่ละขั้นจะเป็นรากฐานของขั้นต่อไป

Piaget ถือว่าเด็กทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์นี้จะทำให้เกิดพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา ซึ่ง Piaget ได้แบ่งองค์ประกอบที่มีส่วนเสริมสร้างพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. วุฒิภาวะ

Piaget กล่าวว่า การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยาโดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเชาวน์ปัญญา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าจะต้องจัดประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับความพร้อมหรือวัยของเด็ก

2. ประสบการณ์

ทุกครั้งที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดประสบการณ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ประสบการณ์ที่เนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ

2.2 ประสบการณ์เกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลและทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์

3. การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม หมายถึง การที่พ่อ แม่ ครูและคนที่อยู่รอบตัวเด็กจะถ่ายทอดความรู้ให้เด็กหรือสอนเด็กที่พร้อมจะรับถ่ายทอดด้วยกระบวนการซึมซาบประสบการณ์หรือการปรับโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา

4. กระบวนพัฒนาการสมดุลหรือการควบคุมพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เพื่อจะปรับความสมดุลของพัฒนาการเชาวน์ปัญญาขั้นต่อไปอีกขั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่า โดยใช้กระบวนการซึมซาบประสบการณ์และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

ซึ่ง Piaget ได้แบ่งขั้นพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้น Sensorimotor (แรกเกิด ถึง 2 ขวบ) เป็นขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญาความคิดก่อนระยะเวลาที่เด็กอ่อนจะพูดและใช้ภาษาได้ ซึ่งความคิดของเด็กในวัยนี้จะแสดงออกด้วยการกระทำ โดยที่เด็กสามารถแก้ปัญหาได้แม้ว่าจะไม่สามารถที่จะอธิบายได้ก็ตาม

2. ขั้น Preoperational (18 เดือน-7 ขวบ) ความคิดของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถที่จะใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้งแต่เป็นขั้นที่เด็กเริ่มใช้ภาษา สามารถที่จะบอกชื่อสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเขาและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเขา สามารถที่จะเรียนรู้ถึงสัญลักษณ์และใช้สัญลักษณ์ได้ เด็กในวัยนี้มักจะเล่นสมมติ เช่น พูดกับตุ๊กตาเหมือนพูดกับคนจริง ๆ เด็กในวัยนี้มีความตั้งใจทีละอย่างและยังไม่สามารถที่จะเข้าใจว่าสิ่งที่เท่ากันแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างหรือแปรสภาพหรือเปลี่ยนที่วาง ควรจะยังคงเท่ากัน และยังไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบสิ่งของมากและน้อย ยาวและสั้นได้อย่างแท้จริง และมีการยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง ไม่สามารถที่จะเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่น

3. ขั้น Concrete Operations (อายุ 7-11 ปี)

พัฒนาการทางเชาว์ปัญญาและความคิดของเด็กระหว่าอายุ 7 ถึง 11 ปี นับว่าเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก เด็กวัยนี้มีเชาวน์ปัญญาที่มีคุณภาพแตกต่างจากเด็กขั้น Preoperational คือ สามารถที่จะอ้างอิงด้วยเหตุผลและไม่ขึ้นกับการรับรู้จากรูปร่างเท่านั้น เด็กวัยนี้สามารถแบ่งกลุ่มโดยใช้เกณฑ์หลาย ๆ อย่าง และคิดย้อนกลับได้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมและความสัมพันธ์ของตัวเลขก็เพิ่มขึ้นด้วย

4. ขั้น Formal Operations (12 ปี ถึงวัยผู้ใหญ่)

เด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดเป็นผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็น กับการรับรู้ไม่สำคัญเท่ากับความคิดถึงสิ่งที่อาจเป็นไปได้

2.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎี Constructivism มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้ แต่ในกลุ่มนักจิตวิทยา Constructivists มีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ทั้งนี้เนื่องจากความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism ซึ่งมี รากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือจากทฤษฎีพัฒนาการของ Piaget และ Vygotsky ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, หน้า 210-211) คือ

1. Cognitive Constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของ Piaget ทฤษฎีนี้ถือว่า ผู้เขียนเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น (Fowler, 1994; Greens et al., 1996 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, หน้า 210)

2. Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของ Vygotsky ซึ่งถือว่า ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสภาวะสังคมซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปรความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น (Bruning et al., 1999 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553, หน้า 210)

แม้ว่านักจิตวิทยา Cognitive Constructivists และ Social Constructivists จะมีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการอธิบายว่าผู้เรียนสร้างความรู้อย่างไร แต่ทุกคนต่างก็เห็นร่วมกันในคุณลักษณะของ Constructivism ดังต่อไปนี้

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

จากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ข้างต้น อาจสรุปได้ว่า เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยกระบวนการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากเกิดการซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ และ การที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรมุ่งให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ภายใต้การจัดประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

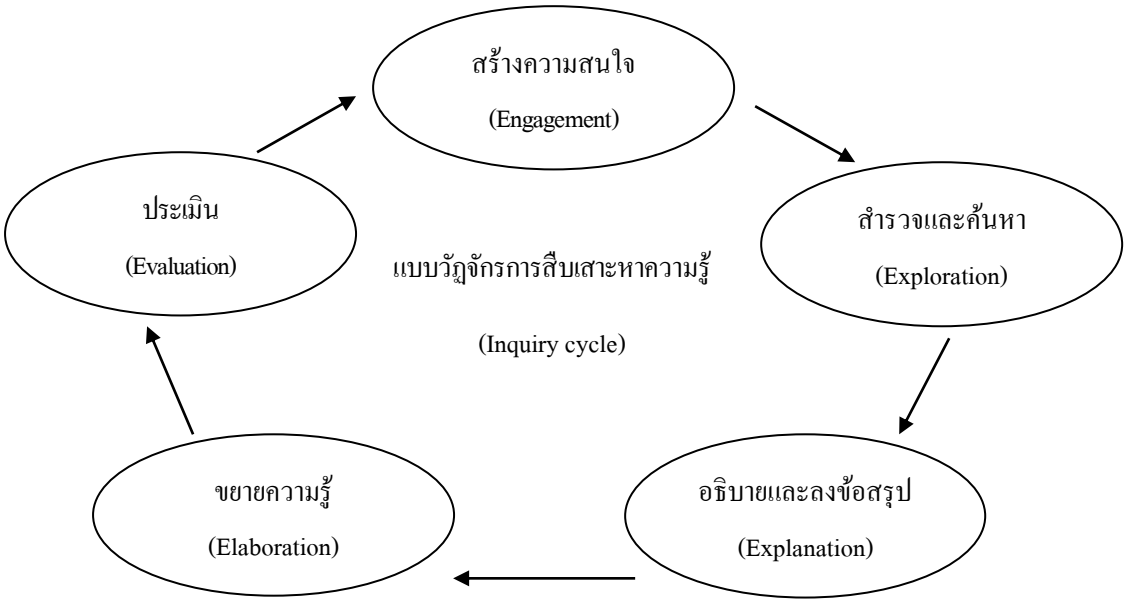
3. ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นที่รู้จักมานานจากพื้นฐานปรัชญาการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructives theory) โดยมีองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้คือ คำถาม (วัชรา เล่าเรียนดี, 2553 หน้า 101) การเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ในระยะแรกพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ในเรื่องการปรับขยายโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Assimilation) การปรับรื้อโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Accommodation) และการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Organization) ซึ่งมี 2 ขั้น คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) และ ขั้นอธิบาย (Explanation) ต่อมาคาร์พลัส (Kaplus) และคณะได้เสนอยุทธวิธีนี้เพื่อปรับผลสัมฤทธิ์การเรียนวิทยาศาสตร์และพัฒนาทักษะกระบวนการซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) (Renner and Marek, 1990, pp. 241-246 อ้างถึงใน ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2546, หน้า 1)

ในปีค.ศ.1989 บาร์แมน และโคตาร์ (Barman & Kotar, 1989, pp. 30-32 อ้างถึงใน สุวรรณี พะประโคน, 2556, หน้า 31) ได้พัฒนาการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 ขั้น หรือเรียกว่า 4E ได้แก่ ขั้นสำรวจ (Exploration phase) ขั้นอธิบาย (Explanation phase) ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion phase) และขั้นประเมินผล (Evaluation phase)

ในปีค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological science curriculum studies: BSCS) ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) เป็น 5 ขั้น ซึ่งเรียกย่อ ๆ ว่า 5Es เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอน 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้

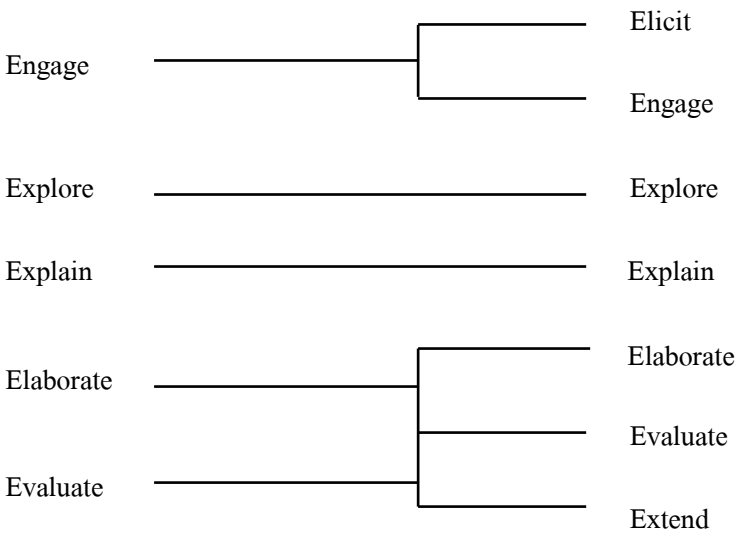
(Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554, หน้า 2) ได้นำมาเป็นรูปแบบในการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา โดยเรียกว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) ซึ่งเสนอเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ที่เรียกว่า วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (สมบัติ การจนารักพงษ์, เพ็ญศรี กันฟัก, จุฬาลักษณ์ ม่วงดิษฐ์ และวิมล อินทร์ประสิทธิ์., 2549, หน้า 6)

ในปีค.ศ. 2003 Eisenkraft ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยการปรับจากการสอน 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น หรือจาก 5E เป็น 7E ซึ่งเพิ่มมาอีก 2 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 เป็นขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) และขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ทั้งนี้เพราะได้ให้ความสำคัญของการถ่ายโอนความรู้และการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยมีแนวคิดว่าการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจะช่วยให้ครูได้ค้นพบว่า นักเรียนจะเรียนรู้อะไรก่อนที่จะถึงในเนื้อหานั้นซึ่งนักเรียนจะสะท้อนความรู้เดิมจากที่มีอยู่ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย การเพิกเฉยหรือละเลยในขั้นนี้จะยากแก่การพัฒนาความคิดของนักเรียน ในขั้นตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้นักเรียนถ่ายโอนความรู้ที่มีอยู่แล้ว และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้น Eisenkraft จึงได้ขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ จาก 5 ขั้น เป็น

7 ขั้น ดังภาพที่ 2 (Eisenkraft, 2003, pp. 57-58)



ภาพที่ 2-2 การขยายวัฏจักรการเรียนรู้ จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น (Eisenkraft, 2003, p. 58)

จากความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นมาใช้ในการวิจัย ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ให้เหมาะสมกับธรรมชาติวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อันที่จะทำให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ความจริงได้ด้วยตนเอง

4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)

Bybee et al. (2006) นักพัฒนาหลักสูตรที่ซึ่งได้จัดทำหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study) หรือที่รู้จักกันในนามของ BSCS ได้นำเสนอขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กิจกรรมประกอบด้วยการซักถามหรือใช้สื่อต่างๆ การทบทวนความรู้เดิมเพื่อสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

วิไลวรรณ แสนนาน (2553) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ดังนี้

1. การสร้างความสนใจและมีส่วนร่วม (Engagement)

เป็นขั้นตอนเริ่มต้นบทเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ อยากรู้อยากเรียนในบทเรียนที่ครูเตรียมมา ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- การสาธิตการทดลอง การใช้คลิปวิดีทัศน์ การใช้ภาพ หรือของจริงมาให้นักเรียนสังเกต การข่าวหนังสือพิมพ์มาให้อ่าน การใช้เหตุการณ์ที่นักเรียนคาดไม่ถึง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามที่ครูสามารถเชื่อมโยงไปสู่เรื่องที่จะจัดให้เรียน

- เมื่อครูเหนี่ยวนำนักเรียนไปสู่เรื่องที่จะเรียนแล้ว ครูควรให้นักเรียนเขียนสิ่งที่รู้มาแล้วเพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนรวมทั้งความเข้าใจคลาดเคลื่อน

- ครูอาจนำอภิปรายประเด็นที่นักเรียนอยากรู้ เพื่อกระตุ้นให้มีส่วนร่วม

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)

เป็นขั้นตอนที่ครูจัดกิจกรรม และวัสดุอุปกรณ์ ให้นักเรียนดำเนินการสังเกต สำรวจทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลโดยตรง หรือประจักษ์พยานอย่างเพียงพอ และเชื่อถือได้ มาตอบคำถามหรืออธิบายประเด็นต่าง ๆ ที่อยากรู้

3. การอธิบาย (Exploration)

เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลความหมาย สรุปและอภิปราย เพื่อสร้างคำอธิบาย หรือแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) ตามประจักษ์พยานที่มี พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความสรุป ภาพวาด ตาราง หรือแผนผังความคิด (Graphic Organizer)

4. การขยายความรู้ (Elaboration)

เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลองเพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็น เพื่อให้นักเรียนร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมชัดเจนยิ่งขึ้น ซักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม การนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ในการแก้ปัญหา หรือนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง หรือทำโครงงานวิทยาศาสตร์

5. การประเมิน (Evaluation)

เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งครูจะต้องทำในขั้นตอน เพื่อการพัฒนาและสะท้อนถึงการจัดการเรียนการสอนของครู ว่ามีปัญหาและความสำเร็จอย่างไรนักเรียนได้ความรู้ตามจุดประสงค์หรือไม่ ถ้าครูจะต้องสอนเรื่องเดียวกันในครั้งต่อไปจะต้องปรับปรุงอย่างไร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ดังนี้

1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำจอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ

4. ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

จากขั้นตอนของการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักการศึกษาได้เสนอข้างต้น สรุปได้ว่า ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูจัดกิจกรรม ให้นักเรียนดำเนินการสังเกต มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ สำรวจทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลความหมาย สรุปและอภิปรายได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) ครูจัดกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อการพัฒนาและสะท้อนถึงการจัดการเรียนการสอนของครู ว่ามีปัญหาและความสำเร็จอย่างไร นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

5. บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Bybee et al. (2006, pp. 33-34) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนและครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังตารางที่ 2-1 และตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	**บทบาทที่ครูควรทำ**	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	**ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)**
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็นให้กับนักเรียน - ใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ - ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมกับสิ่งที่ผู้เรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ	- อธิบายความคิดรวบยอด - ให้คำจำกัดความและเฉลยคำตอบ - บอกข้อสรุปของคำถาม - สอนแบบบรรยาย
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- กระตุ้นผู้เรียนให้ทำงานร่วมกันโดยปราศจากการสอนโดยตรงจากครูผู้สอน - สังเกตและยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียนและมีปฏิสัมพันธ์ดี - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน	- เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนทันทีเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	- ให้เวลากับนักเรียนเพื่อค้นหาคำตอบผ่านปัญหา - เป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนสร้างความต้องการและความความอยากรู้ให้กับนักเรียน	- นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	บทบาทที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดและสร้างคำนิยามด้วยตนเอง - ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลและอธิบายให้ชัดเจน - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตน เป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด ประเมินความเข้าของนักเรียน	- ยอมรับการอธิบายที่ไม่มีเหตุผล - เพิกเฉยต่อคำธิบายของนักเรียนให้ความคิดรวบยอดหรือทักษะที่ไม่เกี่ยวข้องกัน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- คาดหวังให้นักเรียนอธิบายตามคำนิยาม รูปแบบ คำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่นักเรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือขยายความคิดและทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนได้ สลับ-เปลี่ยนกันในการอธิบาย - ให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียน เช่น อะไรบ้างที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ให้คำตอบที่ชัดเจน แน่นอนบอกนักเรียน - ทันทีเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยายนำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน - อธิบายวิธีการแก้ปัญหา

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	บทบาทที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	**ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)**
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	- ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - อนุญาติให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตัวเองและทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามแบบปลายเปิด เช่น “ทำไมถึงคิดแบบนั้น,”มีข้อมูลอะไรบ้าง,” คุณรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือไม่,” แล้วจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร”	- ทดสอบคำนิยามศัพท์และข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่ - ทำให้เกิดความคลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายแบบปลายเปิด

ตารางที่ 2-2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	**บทบาทที่นักเรียนควรทำ**	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	**ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)**
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- ถามคำถามเช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น, ฉันได้รู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนี้, ฉันสามารถหาคำตอบอะไรจากสิ่งนี้ - แสดงความสนใจในเรื่องนั้น - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน	- ถามเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง - เสนอคำตอบที่ถูกต้อง - ค้นหาวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบเพียงวิธีเดียว
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- คิดอย่างอิสระภายในข้อจำกัดของกิจกรรม - พยายามหาทางเลือกและอธิบายสิ่งเหล่านั้นกับคนอื่นๆ - บันทึกสิ่งที่สังเกตและแนวคิดทุกครั้ง - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องลงข้อสรุป	- ให้คนอื่นคิดและลงมือสำรวจเพื่อหาคำตอบ - เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- อธิบายคำตอบที่เป็นไปหรืออธิบายคำตอบร่วมกับคนอื่นๆ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์	- อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม - ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	บทบาทที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)
	- อ้างข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมที่ทำก่อนหน้านี้ - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในการร่วมการอธิบาย - ประเมินความเข้าใจของตนเอง	- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล - ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่น ซึ่งมีเหตุผลที่พอจะเชื่อถือได้
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- บอกสัญลักษณ์ คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม เสนอวิธีการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน - ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - สาธิตหรือแสดงความเข้าใจหรือความรู้	- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน - ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มี - อภิปรายผลโดยไม่มีหลักฐานไม่สมเหตุสมผล - อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้ หรือกำหนดไว้ - ลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อมูลหรือ หลักฐานมาสนับสนุนการอธิบาย - ตอบคำถามเพียงแค่ใช่หรือไม่ใช่โดยที่ไม่อธิบายหรือขยายความของคำตอบ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (State of the Instructional Model)	บทบาทที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)	ไม่สอดคล้องกับ 5E (That is consistent with this model)
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	- ประเมินความก้าวหน้าของตัวเอง - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องที่จะสามารถกระตุ้นเพื่อการสำรวจค้นหาในอนาคต	- ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง

ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูจึงมีบทบาทเป็นผู้กระตุ้น โดยใช้คำถาม เชื่อมโยงความรู้ให้ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น และสามารถสรุปเป็นความคิดของตนเองได้ โดยปราศจากการสอนเนื้อหาโดยตรง ส่วนนักเรียนจะมีบทบาทในการเรียน โดยมีความสนใจในสิ่งที่ครูสอน เกิดคำถาม ตลอดจนแสดงความคิดเห็น และความคิดรวบยอดของตนเอง

6. ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542,หน้า 156) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนได้มีโอกาสได้ฝึกความคิดฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้การจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่ศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

4. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาความรู้ด้วยตนเองได้

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการค้นคว้าลดลง

วัชรา เล่าเรียนดี (2554, หน้า 102) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. คำตอบได้มาจากการสืบเสาะและสรุปด้วยตัวผู้เรียนเอง จึงจำได้นานเพราะจำด้วยความเข้าใจ

3. เป็นการกระตุ้นความคิดแบบสร้างสรรค์และคิดอย่างหลากหลายแนวทาง

4. เป็นการเน้นทักษะการคิดระดับสูง (คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล)

5. มีการบูรณาการทักษะการคิดทั้งความรู้หรือข้อมูลที่ผู้เรียนจะต้องจัดการกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ เช่น ใช้แผนที่ กราฟ และแผนภูมิประเภทต่างๆ เป็นต้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า วิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด ในการวิจัยผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนให้ชัดเจน เพื่อลดข้อจำกัดต่าง ๆ รวมทั้งการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

1. ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหา

รศนา อัชชะกิจ (2539, หน้า 11-12) ได้ให้นิยามความหมายของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการเชื่อมโยงระหว่างปัญหากับข้อเฉลยหรือทางออกของปัญหา

2. การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการลดความเบี่ยงเบนด้านลบของปัญหาให้เป็นวัตถุประสงค์ด้านบวก และลดความเบี่ยงเบนด้านลบของสาเหตุให้เป็นเป้าหมายด้านบวก

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544, หน้า 54) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบ พฤติกรรมต่างๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรง (มีผู้อบรมสั่งสอน) และทางอ้อม (เรียนรู้ด้วยตนเอง) มโนมติ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางสติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจต่างๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและจินตนาการเพื่อหาแนวทางปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป

ดวงพร ตั้งอุดมเจริญชัย (2551, หน้า 16) สรุปไว้ว่า เป็นปัญหาที่มีข้อความสถานการณ์ที่ประกอบด้วยภาษาและตัวเลขที่ต้องการคำตอบที่สามารถแก้ปัญหา โดยอาศัยทักษะการตีความโจทย์เป็นประโยคสัญลักษณ์แล้วคำนวณ เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถให้ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาได้ว่า การคิดหาวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหา โดยต้องเข้าใจในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองที่ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลข และข้อความ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ จนได้คำตอบของโจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง

2. แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

Gagne (1970, p. 63) ได้สรุปเกี่ยวกับความสามารถในการคิดแก้ปัญหาว่า เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปและใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหา โดยอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทมโนมติโดยได้อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้าทั้งหลาย

Morgan (1978, pp. 154-155) สรุปว่า วิธีการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลนั้นแตกต่างกันทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. สติปัญญา (Intelligence) ผู้ที่มีสติปัญญาดีจะแก้ปัญญาได้ดี
2. แรงจูงใจ (Motivation) ในการที่จะทำให้เกิดแนวทางในการแก้ปัญหา
3. ความพร้อมในการที่จะแก้ปัญหาใหม่ ๆ โดยทันทีทันใดจากประสบการณ์ที่มีมาก่อน
4. การเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (Functional fixedness)

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ วุฒิภาวะทางสมอง ความสนใจ สติปัญญา ความพร้อม แรงจูงใจ อารมณ์ และสภาพแวดล้อม ดังนั้นการสอนให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความสามารถด้านการคิดให้สูงขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องมีรูปแบบการสอนและวิธีการที่เหมาะสมในการประยุกต์ เนื้อหาวิชาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

การเรียนการสอนเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาควรเน้นทักษะกระบวนการคิดของนักเรียน ถ้ามีกระบวนการสอนที่มีลำดับขั้นตอนที่ดีและครูมีทักษะในการสอนจะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการแก้โจทย์ปัญหาไว้หลายท่าน ซึ่งพอจะรวบรวมได้ดังนี้

Polya (1957) กล่าวว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการมองไปที่ตัวปัญหาพิจารณาว่า ปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การเขียนรูป เขียนแผนภาพ เขียนสาระปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน (Devising a plan) เป็นลำดับขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด แก้ปัญหาอย่างไร ปัญหาที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหามาก่อนหรือไม่ ซึ่งขั้นวางแผนแก้ปัญหานี้เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มตรวจสอบความเป็นไปของแผน มีการเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking back) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาเพื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหา โดยมีการ

พิจารณาว่ามีคำตอบหรือมีวิธีการแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่ และพิจารณาปรับปรุงการแก้ปัญหาให้กะทัดรัด ชัดเจน เหมาะสมขึ้นกว่าเดิม ขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึงการมองไปข้างหน้าโดยใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านมา ขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม

กรมวิชาการ (2545) เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา มีอยู่ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยทักษะในการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา โดยผู้เรียนจะต้องแยกแยะว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ต้องการให้หาอะไร หรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น การเลือกใช้การเขียนรูปหรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ ในขั้นนี้ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณการประมาณคำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่หาได้โดยอาศัยความรู้สึกเชิงจำนวน หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ

Krulik and Rusnick (1996 อ้างถึงใน เจนศึก โพธิศาสตร์, 2554, หน้า 16) ได้นำเสนอกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้ การทำแบบฝึกหัดและทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดความกระจ่างในปัญหา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and think)

เป็นการวิเคราะห์ปัญหาจากการอ่านปัญหา โดยอาศัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความจริงของข้อมูลได้รับการตรวจสอบและประเมินค่า มีการอธิบายองค์ประกอบของปัญหาและตรวจสอบสถานการณ์ของปัญหา เกิดความเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ ของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore)

วิเคราะห์ข้อมูลจากปัญหาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยข้อมูลที่ไม่ตรงจะถูกกำจัด ข้อมูลที่ได้ อาจอยู่ในรูปของตาราง การวาดภาพ แบบจำลอง และรูปแบบอื่น ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Select a strategy)

เป็นกระบวนการตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการใดจะที่สุดในการแก้ปัญหาในครั้งนี้ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของปัญหานั้น ๆ รวมถึงการวางแผนแนวทางในการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find and answer)

เป็นการใช้ทักษะวิธีการที่เหมาะสมในทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาโดยอาจมีการใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องคิดเลข หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาในช่วยในการหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend)

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบว่าถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการหรือไม่ ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และมีการอภิปรายถึงในแนวทางอื่น ที่อาจนำมาใช้ในการหาคำตอบ

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ (Heller & Heller, 2010) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. จินตนาการสถานการณ์และเหตุการณ์ต่างๆ โดยการวาดภาพ

- วาดภาพแสดงให้เห็นว่าวัตถุมีความเกี่ยวข้องกัน มีการเคลื่อนที่ รวมถึงมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไร โดยการวาดภาพควรแสดงให้เห็นถึงลำดับของเหตุการณ์ให้ชัดเจน

- เขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการ โดยแทนสัญลักษณ์ของตัวแปรต่าง ๆ ลงไปในรูปภาพ

2. ระบุคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

3. ระบุวิธีการทางฟิสิกส์ที่สามารถจะนำไปสู่คำตอบของปัญหาได้

- หลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์เช่น จนศาสตร์ กฎของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. สร้างไดอะแกรมที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาด้วยระบบพิกัดที่เกี่ยวข้อง

- ระบุตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องลงในไดอะแกรม

- ระบุปริมาณเป้าหมายที่จะให้คำตอบสำหรับคำถาม

- ระบุสูตรสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้อง

กับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. สร้างสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าจากสูตรที่ระบุไว้ในขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำไปสู่ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

- เริ่มต้นด้วยความสัมพันธ์เชิงปริมาณที่ประกอบไปด้วยตัวแปรที่ไม่ทราบค่าโดยการระบุตัวแปรลงในสมการ

- สร้างสมการใหม่สำหรับตัวแปรต่าง ๆ ที่ยังไม่ทราบค่าเพื่อหาคำตอบ

- ดำเนินการแก้สมการตามที่วางแผนไว้เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) เป็นการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. ดำเนินตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ในขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหาในขั้นที่ 3

- คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

- เช็คหน่วยของสมการสุดท้ายก่อนแทนค่าด้วยจำนวนตัวเลข

- ถ้าตัวแปรมีค่าเป็นตัวเลข แทนค่าเหล่านั้นลงในสมการสุดท้ายเพื่อหาค่าที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อดังต่อไปนี้ คือ

1. คำตอบทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีหน่วยที่ถูกต้องเหมาะสมกับคำถามหรือไม่

2. คำตอบที่ได้เกินกับคำตอบที่ควรจะเป็นจริงหรือไม่ เช่น รถจักรยานต์มีความเร็ว 5 กิโลเมตร ต่อวินาที เป็นต้น

3. คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

การวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เนื่องจากวิธีนี้มีความเหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ที่จะช่วยให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ และมีการนำหลักการฟิสิกส์มาใช้ในการอธิบายโจทย์เพื่อแสดงการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมถึงการแสดงวิธีตรวจสอบผลลัพธ์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจน อธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ และคำตอบที่โจทย์ต้องการ

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) เป็นการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ

5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามที่โจทย์ถาม

4. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ทั้งยังพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยเน้นการฝึกคิดวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นตอน การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาและเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้วิเคราะห์แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น

สนับสนุนสมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น และนำเสนอตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

4.2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

4.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

4.4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

4.5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยการทำแบทดสอบว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 166) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และสุวิทย์ หิรัณยกาณฑ์ (2548, หน้า 5) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่าหมายถึง ความสำเร็จที่ได้รับจากความสามารถ ความรู้และทักษะหรือผลของการเรียนการสอน หรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น

ราชบัณฑิตยสถาน (2555, หน้า 9) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่วัดหรือเทียบจากเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แบบทดสอบหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ใช้วัดความรู้หรือคุณภาพของความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ใน 4 ระดับของพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

2. ประเภทของผลสัมฤทธิ์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดผลและประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนที่พึงประสงค์ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถของสมองที่เก็บสะสมเรื่องราวต่างๆหรือประสบการณ์ทั้งปวงที่ตนเองได้รับมาและสามารถระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎและทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางด้านการสังเกต การจำแนก การจัดกระทำและ สื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

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

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

1.1 ความรู้ เป็นความสามารถในการรับรู้และจำเรื่องต่าง ๆ อาจจำแนกย่อยได้เป็น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์หรือเทอมเฉพาะ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความรู้ในแบบแผนข้อตกลง ลำดับขั้นตอนและแนวโน้ม การจัดประเภท เกณฑ์ และเทคนิควิธีการ

1.2 ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการแปลความ การตีความ การขยายความ สรุป อ้างอิง อธิบาย บรรยายในเรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ

1.3 การนำไปใช้ เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎเกณฑ์ ไปใช้ ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 การวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการแยกแยะความรู้ต่าง ๆ เป็นการหา องค์ประกอบย่อย จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ข้อมูลย่อย ๆ เหล่านั้น และหาหลักการของความรู้นั้นได้

1.5 การสังเคราะห์ เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราว เดียวกัน การสังเคราะห์แบ่งออกได้เป็น การสังเคราะห์เป็นแผนงานหรือกิจกรรมที่จะปฏิบัติ การสังเคราะห์เป็นนามธรรม หรือการสร้างหลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ

1.6 การประเมินค่า เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของ การกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป โดยยึดถือเกณฑ์เป็นหลัก

2. เจตพิสัย เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ คุณธรรม หรือค่านิยม ความซาบซึ้ง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ทางด้านความรู้สึก การเรียนรู้ด้านเจตพิสัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งเรียงลำดับจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูง ดังนี้

2.1 การรับรู้สิ่งเร้า คือ การที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แล้ว เกิดความสนใจและรับรู้สิ่งแวดล้อมนั้น โดยที่ผู้เรียนมีความรู้ตัว ตั้งใจ รับรู้ หรือตั้งใจที่ถูกควบคุม ให้รับรู้

2.2 การตอบสนอง เมื่อผู้เรียนได้รับรู้สิ่งแวดล้อม ผู้เรียนเริ่มมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับ สิ่งแวดล้อมที่รับเข้ามา มีความตั้งใจที่จะตอบสนอง มีความพึงพอใจในการตอบสนองต่อ สิ่งแวดล้อมนั้น

2.3 การสร้างค่านิยม เมื่อผู้เรียนได้รับรู้และมีปฏิกิริยาโต้ตอบแล้ว ต่อมาเป็นการสร้าง ค่านิยม คือ การยอมรับคุณค่าของสิ่งนั้น มีความพึงพอใจในคุณค่าของสิ่งนั้น และมีความแน่ใจ ผูกพันในค่านิยมนั้น

2.4 การจัดระบบค่านิยม เมื่อผู้เรียนได้สร้างค่านิยมแล้ว ผู้เรียนจะพิจารณาจัดรวบรวม ค่านิยมเหล่านั้นที่มีความสัมพันธ์กันเป็นหมวดหมู่เดียวกัน และจัดเป็นระบบค่านิยม

2.5 การสร้างลักษณะนิสัยตามค่านิยม เป็นการผสมผสานค่านิยมที่สร้างขึ้นจนเป็นลักษณะนิสัยเฉพาะของแต่ละบุคคลจนกลายเป็นความประพฤติ บุคลิกภาพ อุดมคติของชีวิต

3. ทักษะพิสัย เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับการกระทำอย่างมีทักษะในการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ มีความสามารถในการใช้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายปฏิบัติงาน การเรียนรู้ด้านการปฏิบัติแบ่งออกเป็น 7 ขั้น ซึ่งเรียงลำดับจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูงดังนี้

3.1 การรับรู้ เป็นขั้นแรกของการเริ่มกิจกรรมใดก็ตาม เป็นการรับรู้โดยการกระตุ้นต่อโสตประสาทความรู้สึกอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ การได้ยินทางหู การเกิดภาพในสมองทางตา การสัมผัสทางมือ การกระตุ้นให้ได้รสทางลิ้น การกระตุ้นให้ได้กลิ่นทางจมูก การกระตุ้นทางกล้ามเนื้อ และเป็นการตัดสินว่าจะเลือกสิ่งเร้าใดที่จะตอบสนองเป็นการแปลความเกี่ยวข้องของสิ่งเร้าและแสดงอาการตอบสนอง

3.2 การเตรียมพร้อมปฏิบัติ เป็นการเตรียมการปรับตัวทั้งทางร่างกาย สมองและอารมณ์ให้พร้อมที่จะทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง การพร้อมทางสมองเป็นการพร้อมในเชิงความคิดที่ต้องมีมาก่อน อาศัยความรู้ที่มีมาก่อนประกอบด้วยการพร้อมทางร่างกาย เป็นการจัดท่าของร่างกายให้พร้อม และการพร้อมทางอารมณ์เป็นการปรับเจตคติให้เกิดความตั้งใจตอบสนอง

3.3 การตอบสนองตามแนวทางที่ให้ เป็นการแสดงพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนภายใต้คำแนะนำของผู้สอน จำแนกเป็นการเลียนแบบและการลองผิดลองถูก การเลียนแบบเป็นการตอบสนองตามแบบที่ให้ เช่น การแสดงให้ดูแล้วให้ทำตาม การลองผิดลองถูกเป็นความพยายามที่จะตอบสนองในรูปแบบต่าง ๆ

3.4 กลไกในการปฏิบัติ เป็นการสร้างระบบ วิธีการ จากประสบการณ์ความรู้ที่สะสมไว้ เป็นการแสดงออกที่เกิดจากการเรียนรู้จนเป็นนิสัย ผู้เรียนมีความมั่นใจและมีความชำนาญพอที่จะปฏิบัติงานนั้น ๆ ได้

3.5 การตอบสนองที่ซับซ้อน เป็นการแสดงออกที่อาศัยทักษะมาก เพื่อให้สามารถแสดงออกอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ เป็นการตอบสนองโดยไม่ลังเลใจแบบอัตโนมัติ คือใช้เวลาและพลังงานน้อยที่สุด

3.6 การดัดแปลงให้เหมาะสม เป็นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการเคลื่อนไหวทางร่างกาย ทางสมอง ให้สอดคล้องกับความต้องการในปัญหาแบบใหม่

3.7 การริเริ่มสิ่งใหม่ เป็นการริเริ่มรูปแบบการเคลื่อนไหวใหม่ ๆ ที่เหมาะกับสถานการณ์เฉพาะอย่างหรือปัญหาเฉพาะอย่างโดยไม่เคยทำมาก่อน

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปประเภทของผลสัมฤทธิ์ได้ว่า

1. ความรู้ ความจำ เป็นความสามารถในการรับรู้และจำเรื่องต่างๆ อาจจำแนกย่อยได้สามารถระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการแปลความ การตีความ การขยายความ สรุปอ้างอิง อธิบาย บรรยายในเรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎเกณฑ์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

4. วิเคราะห์ เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน

3. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เขียนกันอยู่มีนิยม 5 แบบ คือ

1. แบบทดสอบความเรียง (Essay test) มีจุดประสงค์วัดความสามารถในการบรรยายอธิบายและแสดงเหตุผลตามความคิดเห็นของตน อาจจำกัดความยาวหรือให้เขียนตอบตามสบายก็ได้

2. แบบทดสอบเติมคำ (Completion test) เป็นการวัดความสามารถในการหาคำ หรือข้อความมาเติมลงในช่องว่างของประโยคที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยไม่มีคำตอบใดมาชี้นำก่อน นอกจากข้อความหรือประโยคที่ให้ไว้เท่านั้น โดยธรรมชาตินั้นจะเป็นการวัดด้านความจำ แต่ก็สามารถวัดความคิดได้

3. แบบทดสอบถูกผิด (True - False Test) แบบทดสอบแบบนี้วัดความสามารถในการพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จากความสามารถที่เรียนรู้มาแล้ว โดยทั่วไปจะเป็นการวัดความสามารถในด้านความจำ แต่ถ้าสามารถพลิกแพลงข้อความให้ดีหน่อยอาจสามารถวัดด้านความคิดที่สูงขึ้นได้

4. แบบทดสอบจับคู่ (Matching test) เป็นลักษณะการวางข้อเท็จจริง เงื่อนไข คำ ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ไว้ 2 ด้านขนานกัน เป็นแนวตั้ง ก. กับแนวนอน ข. แล้วให้อ่านดูข้อเท็จจริงในแนวตั้ง ก. ก่อน ต่อจากนั้นพิจารณาดูว่าจะไปเกี่ยวข้อง จบคู่กันได้พอดีกับข้อเท็จจริงไหนในแนวตั้ง ข. ที่กำหนดไว้

5. แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choices test) แบบทดสอบนี้จะมีคำถามหนึ่งคำถามและมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น และแบบทดสอบนี้สามารถวัดได้ครอบคลุม

จุดประสงค์ ที่ต้องการทั้งหมด และเป็นข้อสอบที่นิยมใช้มากในปัจจุบันทั่วโลก ทั้งนี้ก็เพราะข้อสอบแบบเลือกตอบสามารถวัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์และตรวจให้คะแนนได้แน่นอน ซึ่ง ลักษณะของข้อคำถามมีดังนี้

เช่น คำถาม คนลักษณะใดสังคมรังเกียจ

ตัวเลือก ก. พูดมากไป

ข. พูดน้อยไป

ค. พูดกลับกลอก

ง. พูดจาแบบห้วน ๆ

จ. พูดจาแบบขวานผ่าซาก

ชวลิต ชูกำแพง (2550) ได้กล่าวถึง ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัย เป็นข้อสอบที่เขียนคำถามโดยกำหนดเป็นสถานการณ์หรือปัญหาในรูปใดรูปหนึ่ง เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็นได้อย่างไม่จำกัด คำตอบของข้อสอบอัตนัยมีลักษณะและปริมาณไม่แน่นอน ซึ่งข้อสอบอัตนัยสามารถแบ่งย่อยเป็นสองแบบ คือ

1.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ หรือแบบขยายความ โดยให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ สามารถวัดสมรรถภาพด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทัศนคติ การประเมินค่าได้อย่างกว้างขวาง การกำหนดเวลาให้เขียนตอบจึงต้องกำหนดให้เหมาะสม ข้อสอบแบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการรวบรวมความคิดต่างๆ และการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการทำข้อสอบ

1.2 แบบจำกัดคำตอบ ข้อสอบแบบนี้จะถามแบบจำเพาะเจาะจงและต้องการคำตอบเฉพาะเรื่อง ซึ่งผู้ตอบต้องจัดเรียงความคิดให้เป็นระเบียบ เพื่อให้ตรงประเด็นของคำถามเพียงสั้น ๆ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังเรื่องคำสั่งของโจทย์ ขอบเขตของเนื้อหา เวลาที่ให้นักเรียนเขียนตอบ

2. ข้อสอบแบบสั้น ๆ และข้อสอบเติมคำ

2.1 ข้อสอบตอบสั้น ๆ ลักษณะข้อสอบจะเขียนคำถามให้ผู้ตอบได้แสดงความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ๆ โดยการเขียนตอบเป็นคำๆ เดียว หรือประโยคสั้น ๆ การตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะอ่านเพียงเล็กน้อย แล้วพิจารณาว่าคำตอบนั้นถูกต้องหรือใกล้เคียงกับคำตอบที่ถูกเพียงใด

2.2 ข้อสอบเติมคำ ลักษณะข้อสอบจะเขียนประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความ สำหรับให้เติมคำหรือข้อความ เพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่างอาจจะเว้นที่ว่างให้เติมมากกว่าหนึ่งแห่ง

3. ข้อสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบ ส่วนคำถามเป็นข้อความปัญหา เขียนเป็นประโยคคำถาม ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลายตัวเลือก มีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด เรียกว่าตัวลวง ข้อสอบเลือกตอบจึงเป็นข้อสอบชนิดที่มีคำตอบกำหนดไว้ให้ก่อน แล้วผู้ตอบต้องเลือกตอบตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง หรือหลายตัวเลือกแล้วแต่เงื่อนไข คำถาม ผู้ตอบไม่มีอิสระในการตอบความคิดเห็นของตน

4. ข้อสอบแบบถูกผิด ลักษณะของข้อสอบจะเขียนข้อความที่เป็นสถานการณ์ ซึ่งมีทั้งถูกหรือผิดคละกันไป รูปแบบข้อสอบถูกผิดสามารถจำแนกรูปแบบคำถามเป็นสามแบบ ดังนี้

4.1 แบบคำถามเดี่ยว แบบนี้จะเขียนข้อความที่เป็นปัญหาเป็นข้อ ๆ แล้วให้พิจารณาว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ แล้วแต่จะจัดแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหา

4.2 แบบคำถามขยาย แบบนี้จะกำหนดเนื้อหาเป็นตอนนำแล้วเขียนข้อความที่อยู่ในขอบเขตเนื้อหานั้น เพื่อขยายรายละเอียดของข้อความตอนนำ แล้วให้พิจารณาว่าข้อความที่ขยายนั้นถูกหรือผิด

4.3 แบบคำตอบผสม แบบนี้จะกำหนดคำตอบไว้คงที่หลายอย่างผสมกัน แล้วให้พิจารณาข้อความในแต่ละข้อความว่าจะสอดคล้องกับคำตอบผสมแบบใด

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะข้อสอบประกอบด้วยคำถาม เขียนเป็นตัวยืนไว้ในสดมภ์ซ้ายมือ โดยมีที่ว่างเว้นไว้หน้าข้อเพื่อให้ผู้ตอบเลือกหาคำตอบที่เขียนไว้ในสดมภ์ขวามือ รูปแบบคำถาม ข้อสอบแบบจับคู่นี้สามารถจำแนกรูปแบบคำถามเป็น 3 แบบ ดังนี้

5.1 แบบหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน แบบนี้จะประกอบด้วยข้อความสองชุดที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยเขียนไว้คนละสดมภ์

5.2 แบบตัวเลือกคงที่ โดยทั่วไปแล้วข้อสอบแบบจับคู่จะกำหนดให้ตัวเลือกมากกว่าตัวคำถามเสมอ ยกเว้นการเขียนข้อสอบในบางเนื้อหาที่มีหัวข้อหลักอยู่ไม่มากนัก และต้องการทราบรายละเอียดของแต่ละหัวข้อหลักนั้น ควรเขียนข้อสอบจับคู่โดย ใช้ตัวเลือกคงที่ หรือเรียกว่าแบบจัดประเภท เช่น จับเหตุการณ์ไปใส่ในยุคสมัย นำชื่อสูตร สารประกอบไปใส่ในกลุ่มของสารประกอบ

5.3 แบบจัดเรียงใหม่ แบบนี้ต้องการให้ผู้ตอบจัดเรียงลำดับข้อปัญหาใหม่ เช่น จัดเรียงลำดับเหตุการณ์ใหม่ จัดเรียงข้อพิสูจน์ กฎเกณฑ์ ความสำคัญ หรือน้ำหนักเสียใหม่

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548) ได้แบ่งประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึงแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นกันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรืออปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียน โดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน

จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมของนักเรียน 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และ การวิเคราะห์ (เนื่องจากผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบควมพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 4 ด้าน) สำหรับเครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จะเลือกใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทแบบทดสอบของครู (Teacher-made test) เป็นแบบข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) โดยวัดจากคะแนนแบบทดสอบ ปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง

4. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 97 หน้า 62-63) กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า การสร้างผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีการสร้าง
4. เขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรและให้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ตรวจทานข้อสอบ
6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกักลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง

8. จัดทำข้อสอบฉบับจริง และนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ จุดมุ่งหมายของการสอบจะต้องมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดหมายของหลักสูตร ตามลำดับ โดยผู้สอนต้องทำการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อให้ผู้สอนมีความเข้าใจว่าควรสอบอะไรบ้างและควรดำเนินการสอบอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์หลักสูตรสำหรับการกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหา วิธีการสอบ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.1 วิเคราะห์จุดมุ่งหมาย

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา

2. การออกแบบการสร้างแบบสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้างข้อสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ การออกแบบการสร้างข้อสอบประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

2.1 วางแผนการทดสอบ เป็นการกำหนดว่าต้องการทำการทดสอบทั้งหมดกี่ครั้ง มีความถี่ห่างของการสอบเท่าใด และครอบคลุมเนื้อหา จุดมุ่งหมายใด และใช้เวลาเท่าใด

2.2 กำหนดรูปแบบของแบบสอบ เป็นการกำหนดแบบสอบว่าจะสอบแบบอิงกลุ่มหรืออิงเกณฑ์ สอบข้อเขียนหรือแบบปฏิบัติการ เป็นต้น

2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ

2.4 สร้างผังข้อสอบ เป็นการเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าวัดเนื้อหาอะไร และจุดมุ่งหมายการเรียนรู้อะไร

3. เขียนข้อสอบ เป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดี ข้อสอบที่ดีควรมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบ

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ ผู้สอนทำการปรับปรุงข้อบกพร่องตามคำแนะนำที่ได้รับขัดเกลาข้อความและภาษาที่ใช้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มผู้สอบที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง ควรมีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 50 คน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ค่อนข้างคงที่และน่าเชื่อถือ

4.1 การวิเคราะห์ข้อสอบ

4.2 การคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบสอบ ข้อสอบควรมีความยากง่ายที่เหมาะสมและมีอำนาจจำแนกสูง ข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะควรทีค่า *p* ประมาณ .50 ค่าเฉลี่ยความยากง่ายของข้อสอบทั้งฉบับควรมีค่าประมาณ .50

4.3 การวิเคราะห์แบบสอบ หลังจากคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเป็นรายข้อมารวมกันแล้ว ควรทำการวิเคราะห์ข้อสอบในด้านความเที่ยง (Reliability) และความตรง (Validity)

5. นำแบบสอบไปใช้ ต้องยึดหลักว่า ผู้สอบทุกคนต้องได้รับความยุติธรรมเท่าเทียมกันในการแสดงความสามารถจากการเรียนรู้ตามที่แบบสอบต้องการวัด

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ เมื่อนำข้อสอบไปใช้แล้ว ควรนำคะแนนที่ได้มาศึกษาเพื่อทราบลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการแจกแจง และทำการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบทางด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบสอบ ซึ่งปรับปรุงตามข้อบกพร่องเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่มาจากประชากรเป้าหมายเดียวกัน

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

3. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

4. กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. คัดเลือกข้อสอบ

8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1. ความหมายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Morton (1953 อ้างถึงใน แสงเดือน เจริญฉิม, 2552, หน้า 482) สรุปว่า การทำโจทย์ปัญหาของผู้เรียนต้องมีความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ตามสถานการณ์ ในโจทย์ปัญหานั้น ๆ นอกจากนี้จะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นและเล็งเห็นกระบวนการที่จะได้มาซึ่งคำตอบ การแก้โจทย์ปัญหาเป็นการใช้ความคิดมากกว่าการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

Poya (1957, pp. 6-22 อ้างถึงใน แสงเดือน เจริญฉิม, 2552, หน้า 82) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความคิด ความรู้ วิธีการ ประสบการณ์ และขั้นตอนมรการศึกษาปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง เป็นความสามารถในการคิดหาวิธีการที่หาทางออกของปัญหาได้โดยต้องเข้าใจในปัญหาและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ และสามารถหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ที่เกิดจากทักษะหรือความชำนาญในการคิดหาวิธีการที่จะหาทางออกของโจทย์ปัญหา โดยต้องเข้าใจในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองทางฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลข และข้อความ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ จนได้คำตอบของโจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง

2. แนวคิดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540, หน้า 67) ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลแตกต่างกันไปจะขึ้นอยู่กับ วิธีการที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหา สติปัญญา (Intelligence) ผู้ที่มีสติปัญญาดีมีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาได้ดี ความรู้ อารมณ์ แรงจูงใจ ที่จะทำให้เกิดความพยายามในการแก้ปัญหาและประสบการณ์ในการแก้ปัญหานั้น ๆ

Gagne (1970, p. 63) ได้สรุปเกี่ยวกับ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาว่า เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปและใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่าความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหา โดยอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทมโนมติโดยได้อธิบายว่าเป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้าทั้งหลาย

Morgan (1978, pp. 154-155) สรุปว่า วิธีการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลนั้นแตกต่างกันทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. สติปัญญา (Intelligence) ผู้ที่มีสติปัญญาดีจะแก้ปัญญาได้ดี
2. แรงจูงใจ (Motivation) ในการที่จะทำให้เกิดแนวทางในการแก้ปัญหา
3. ความพร้อมในการที่จะแก้ปัญหาใหม่ ๆ โดยทันทีทันใดจากประสบการณ์ที่มีมาก่อน
4. การเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (Functional fixedness)

Stollburg (1986 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2555 หน้า 41) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบในการแก้ปัญหาว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนย่อมมีลักษณะเฉพาะเป็นเอกัตบุคคล การแก้ปัญหาไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและไม่เป็นไปตามลำดับ อาจสลับก่อนหลังหรือบางขั้นตอนไม่มี นอกจากนี้การแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

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

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ วุฒิภาวะทางสมอง ความสนใจ สติปัญญาความพร้อม แรงจูงใจ อารมณ์ และสภาพแวดล้อม ผู้สอนจะต้องมีรูปแบบการสอนและวิธีการที่เหมาะสมในการประยุกต์ เนื้อหาวิชาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

มีผู้วิจัยหลายท่านสร้างไว้เป็นแบบอัตนัย ซึ่งผู้วิจัยพอจะรวบรวมให้เห็นเป็นตัวอย่างได้ดังนี้

ดวงพร ตั้งอุดมเจริญชัย (2551, ภาคผนวก ข) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนของโพลยา สรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
2. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร
3. หาคำตอบของโจทย์ปัญหาโดยวิธีใด

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

1. หาคำตอบจากโจทย์ปัญหาได้อย่างไร

2. เขียนประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน

1. แสดงวิธีการหาคำตอบ

2. คำตอบที่ได้คืออะไร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

1. ตรวจสอบคำตอบโดยวิธีอื่นที่ได้คำตอบรวดเร็วและแม่นยำ

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, ภาคผนวก ข) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ สรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

1. สามารถเขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาอย่างคร่าว ๆ ได้

2. โจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

3. สามารถเขียนความสัมพันธ์ของหลักการทางฟิสิกส์ทั้งหมดของสถานการณ์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

1. สามารถสร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างสมบูรณ์

2. สามารถระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด

3. เขียนสูตรในการหาคำตอบพร้อมทั้งระบุหลักการที่นำมาใช้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

1. สามารถเขียนสมการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรไม่ทราบค่าพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้นให้ชัดเจน

2. ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาว่ามีตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากี่ตัวและสมการที่นำมาใช้มีกี่สมการอะไรบ้าง

3. วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

1. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปร

2. คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบพร้อมกับตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

1. คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้

2. คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร

3. คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ อย่างไร

จากที่กล่าวมาทั้งหมดการวิจัยในครั้งนี้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งโจทย์ปัญหาจะเป็นสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความรู้ความเข้าใจ รวมถึงทักษะการคำนวณ ประกอบด้วยจำนวน ตัวเลข และข้อความต่าง ๆ ของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน เป็นแบบอัตนัย โดยวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตาม 5 ขั้น ของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

4. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

Goodrich (1997) กล่าวว่า รูบริค (Rubric) เป็นเครื่องมือการให้คะแนนซึ่งจะแสดงเกณฑ์สำหรับชิ้นงานจะเป็นการเชื่อมต่อกัน ในการแบ่งลำดับของคุณลักษณะแต่ละเกณฑ์ จากดีมากจนถึงต้องปรับปรุงแก้ไข และกู๊ดริชยังได้กล่าวถึงประโยชน์ของรูบริคไว้ดังนี้

1. รูบริคสามารถจะพัฒนาการปฏิบัติงานของนักเรียนคล้ายกับเป็นการกำกับติดตาม โดยทำให้ความคาดหมายของครูมีความชัดเจน และเป็นการแสดงว่านักเรียนจะพบกับสิ่งที่คาดหมายได้อย่างไร ผลที่ได้จะเป็นการบอกการปรับปรุงแก้ไขในคุณลักษณะของงานนักเรียนและในการเรียนรู้

2. รูบริคสามารถช่วยตัดสินเกี่ยวกับคุณลักษณะงานของนักเรียนด้วยตนเอง และงานอื่น ๆ เมื่อรูบริคนำมาใช้ประเมินตนเองและกลุ่มจะทำให้เพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหานั้น

3. รูบริคจะช่วยลดเวลาของครูที่ใช้ในการประเมินงานของนักเรียนได้

4. รูบริคใช้ง่าย และมีการอธิบายที่ชัดเจน

การให้คะแนนรูบริคที่นิยมใช้มี 2 ประเภท คือ (กรมวิชาการ, 2539)

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring) คือเกณฑ์การให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจในความคิดรวบยอด การสื่อความหมายกระบวนการที่ใช้และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงาน หรือความสำเร็จของงานเป็นชิ้น ๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0 - 4 หรือ 0 - 6 สำหรับในขั้นต้นการให้คะแนนรูบริค อาจแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งงานตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

กองที่ 1 ได้แก่ งานที่คุณภาพเป็นพิเศษและเขียนอธิบายลักษณะของงานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษ

กองที่ 2 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้และเขียนอธิบายลักษณะงานที่ยอมรับได้

กองที่ 3 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้น้อยหรือยอมรับไม่ได้ และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย จากนั้นก็นำงานแต่ละกองมาให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ

งานกองที่ 1 จะให้คะแนน 6 หรือ 5

งานกองที่ 2 จะให้คะแนน 4 หรือ 3

งานกองที่ 3 จะให้คะแนน 2 หรือ 1

วิธีที่ 2 กำหนดระดับความผิดพลาด คือพิจารณาตามความบกพร่อง จากคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจะหักจากระดับสูงสุดลงมาทีละระดับ ดังนี้

คะแนน 4 หมายถึง คำตอบถูกแสดงเหตุผล แนวคิดชัดเจน

คะแนน 3 หมายถึง คำตอบถูก เหตุผลถูก แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

คะแนน 2 หมายถึง เหตุผลการคิดคำนวณผิดพลาด แต่มีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบ

คะแนน 1 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดได้น้อยมาก และเข้าใจ ไม่ถูกต้องบางส่วน

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใดเลย

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เพื่อให้การมองคุณภาพของงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจนจึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและการอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับโดยทั่วไปแล้วการแก้ปัญหาจะแยกองค์ประกอบของงาน เป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในการแก้ปัญหาที่ถามอย่างกระจ่างชัด

2.2 การสื่อความหมาย คือ ความสามารถในการอธิบาย การนำเสนอ การบรรยายเหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธี กระบวนการในการนำไปสู่การแก้ปัญหาได้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ผลสำเร็จของงานความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงานหรืออธิบายที่มาและตรวจสอบผลงาน

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555, หน้า 184) กล่าวว่า รูบริค คือ ข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากระดับยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา ซึ่งผู้สอนสามารถออกแบบให้เหมาะสมกับผู้เรียนของตนเองได้ โดยทั่วไปเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคมี 2 รูปแบบ คือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic rubric) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินความรู้และผลงานของผู้เรียนโดยกำหนดระดับคะแนนพร้อมระบุรายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนเป็นภาพรวม โดยไม่มีการแยกเป็นด้าน ๆ การให้คะแนนลักษณะนี้มักใช้ในการตัดสินหรือสรุปผลการเรียนของผู้เรียน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric) เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน เช่น เมื่อประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล อาจแยกพิจารณาเป็นด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้านการนำเสนอข้อมูล และด้านการอ่าน เปรียบเทียบ และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล การให้คะแนนลักษณะนี้มักใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ที่มีจุดประสงค์เพื่อวินิจฉัยหาจุดเด่นหรือจุดด้อยของผู้เรียนในแต่ละด้าน

ตัวอย่างการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) ของชาร์ล และเลสเตอร์ (Charles and Lester, 1982) เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ โดยพิจารณาถึงความสามารถ 3 ประการ ดังนี้

1. ความเข้าใจในปัญหา เป็นความสามารถในการแปลความหมายโจทย์ มีวิธีการให้คะแนนดังนี้

0 หมายถึง แปลความหมายผิดโดยสิ้นเชิง

1 หมายถึง แปลความหมายผิดบางส่วน

2 หมายถึง แปลความหมายโจทย์ถูกต้อง

2. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา มีวิธีการให้คะแนนดังนี้

0 หมายถึง ไม่ลงมือทำหรือทำผิดโดยสิ้นเชิง

1 หมายถึง มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้องเป็นบางส่วน

2 หมายถึง มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้อง (ไม่พิจารณาการคำนวณ)

3. การตอบปัญหา เป็นการพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาร่วมกับทักษะการคำนวณ มีวิธีการให้คะแนนดังนี้

0 หมายถึง ตอบผิดและกระบวนการแก้ปัญหาผิด

1 หมายถึง ตอบเพียงบางส่วน (ในกรณีที่มีหลายคำตอบ)

2 หมายถึง การคำนวณถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 127-131) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินผลของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณารายการประเมิน 4 ประเด็น คือ 1) ความเข้าใจปัญหา 2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา 3) การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา 4) การสรุปคำตอบ ไว้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	**คะแนน (ระดับคุณภาพ)**	**เกณฑ์การพิจารณา**
ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเป็นบางส่วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา
	2 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่คลอบคลุมประเด็นของปัญหา
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	2 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
การสรุปคำตอบ	3 (ดี)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์
	2 (พอใช้)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- ไม่มีการสรุปคำตอบหรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

สิริพร ทิพย์คง (2544 หน้า 113-114) ได้กล่าวว่าการประเมินความสามรถในการแก้ปัญหา ควรจะมีวิธีการที่มากกว่าได้คำตอบที่ถูกต้อง เกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาควรมี ดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

   2 คะแนน สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง

   1 คะแนน สำหรับการเข้าใจโจทย์ปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง

   0 คะแนน เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย

2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา

   2 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและเขียนประโยคคณิตศาสตร์ถูก

   1 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูก แต่ยังมีบางส่วนผิดโดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

   0 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

   2 คะแนน สำหรับการนำกลยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง

   1 คะแนน สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหาบางส่วนไปใช้ได้ถูก

   0 คะแนน สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

   2 คะแนน สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์

   1 คะแนน สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักผิด

   0 คะแนน เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

จากการศึกษาเกณฑ์การประเมินผลของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลายรูปแบบ ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับ การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา	ระดับคะแนน
ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้	0
ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์(Describe the physics)	- สามารถเขียนปริมาณต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	2
	- สามารถเขียนปริมาณต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงหรือสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนปริมาณต่างๆที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้และไม่สามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	0
ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน (Plan the solution)	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่างๆได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่างๆได้อย่างถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนรูปสมการ ตามจำนวณที่ต้องใช้	0

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ลักษณะคำตอบ	คะแนน
	แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้	
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the plan)	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้และสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง	2
	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้หรือสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องเพียงอย่างไดอย่างหนึ่ง	1
	- ไม่แสดงผลใดๆ เลย	0
ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมาการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	2
	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมาการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	1
	- ไม่สามารถแสดงผลการตรวจสอบได้	0

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. ความหมายการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

ภัทราพร เกษสังข์ (2559, หน้า 3) การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษาค้นคว้าหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบที่สอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติงานไม่ว่าจะเป็นงานในหน่วยงาน องค์กร ชุมชน หรือ สถานศึกษา โดยนำไปทดลองปฏิบัติจริง พร้อมทั้งสังเกต และสะท้อนผลที่ได้ดำเนินการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามวงจรพัฒนาจนสำเร็จเป็นไปตามที่ต้องการ โดยที่ขั้นตอนการปฏิบัติการต้องมีความร่วมมือกันทุกฝ่ายจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2551, หน้า 50) การวิจัยปฏิบัติการในใช้เรียน หมายถึง การศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่รับผิดชอบ โดยครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้หรือประจำวิชานั้น ๆ และนำผลการปฏิบัติการมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน ซึ่งเป็นการวิจัยที่ทำอย่างรวดเร็ว นำผลการปฏิบัติการไปใช้ทันที และสะท้อนข้อมูลกลับเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วีระยุทธ ชาตะการญจน์ (2557, หน้า 126) การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง เป็นการศึกษารวบรวมหรือแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัยประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนกลับ (Reflection)

Geoffrey E. Mills (2003, p.5) การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นระบบการสืบเสาะใด ๆ ที่กระทำโดย ครู ผู้วิจัย ผู้นำสถานศึกษา หรือ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการรียนการสอนเพื่อศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโรงเรียนของพวกเขาว่า การดำเนินการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างไร วิธีการสอนของครูเป็นอย่างไร และวิธีการเรียนของเด็กนักเรียนเป็นอย่างไร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บรวบรวมเพื่อหาแนวทางแก้ไขซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identify an area of focus)
2. เก็บรวบรวมข้อมูล (Collect data)
3. วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล (Analyze and interpret data)
4. พัฒนาแผนปฏิบัติการ (Develop an action plan)

Ernest T. Stringer (2014, pp.8-9) วิจัยปฏิบัติการ (Action Research) หมายถึง วิธีการทำงานร่วมกันเพื่อที่จะสืบเสาะหรือสำรวจปัญหาและทำการแก้ไขปัญหานั้นด้วยด้วยวิธีการที่เป็นระบบ ซึ่งวิจัยปฏิบัติการนี้ไม่ได้เป็นวิธีที่ครอบคลุมสำหรับปัญหาทั้งหมดและไม่ได้สามารถแก้ปัญหาได้ทุกปัญหาแต่เป็นวิธีการที่จะทำให้คนเราสามารถเข้าใจสถานการณ์และสามารถที่จะแก้ปัญหาที่ตนเองเผชิญอยู่ได้ซึ่งมีกรอบการแก้ปัญหาดังนี้

1. เฝ้าดูปัญหา (Look)
   - เก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้น
   - อธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้น
2. คิด (Think)
   - สำรวจและวิเคราะห์สิ่งที่เกิดขึ้น
   - ตีความและอธิบายปัญหาว่าทำไมสิ่งเหล่านั้นถึงเกิดขึ้นและจะทำการแก้ไขปัญหานั้นอย่างไร
3. ลงมือปฏิบัติ (Act)
   - วางแผน กำหนดคอร์สที่จะลงมือปฏิบัติซึ่งขึ้นกับการวิเคราะห์และการตีความของปัญหาที่เกิดขึ้น
   - ปรับปรุงแผน
   - ประเมินผลของการปฏิบัติ

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการดังที่กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง เป็นการศึกษารวบรวมหรือแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปโดยมีวิธีการแก้ปัญหาดังนี้ ระบุปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล พัฒนาแผนปฏิบัติการซึ่งขั้นตอนในการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2. ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียน

การวิจัยเป็นกระบวนการค้นหาความรู้และแนวทางปฏิบัติที่นำไปสู่การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ สามารถนำผลการค้นพบมาแก้ปัญหาการเรียนรู้หรือตัดสินใจเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการวิจัยเป็นกระบวนการเชิงระบบ ที่ใช้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนดังนี้

กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การวางแผนเพื่อไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (Planning)

เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. ลงมือปฏิบัติการตามแผน (Action)

เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

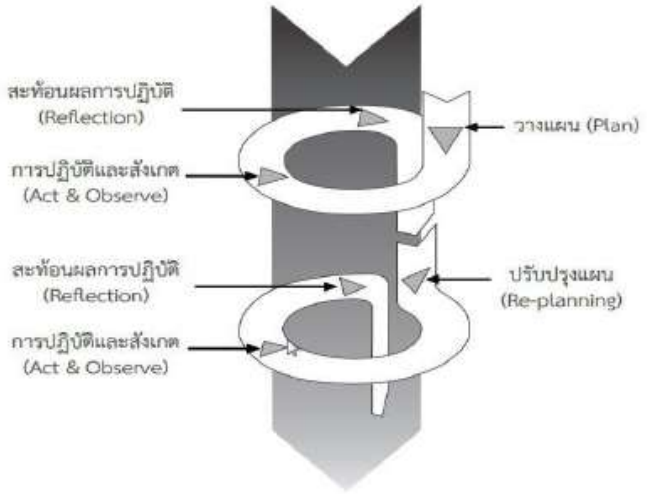
3. สังเกตการณ์ (Observation)

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไปรวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4. สะท้อนกลับ (Reflection)

เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์หรือประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับ

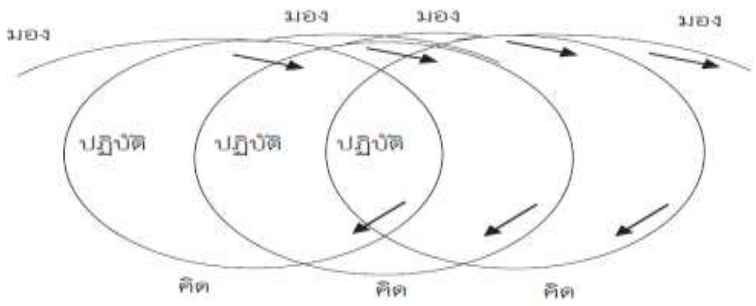
การทบทวนและปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป กระบวนการและผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (re-planning) โดยดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ แสดงรายละเอียดตามภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-3 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557)

กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer (1999)

Stringer (1999 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557) ได้แบ่งกระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การพินิจพิเคราะห์ (มอง) 2) การคิดวิเคราะห์ (คิด) และ 3) การปฏิบัติการ (ปฏิบัติ) ซึ่งเป็นไปตามภาพที่ 2-2

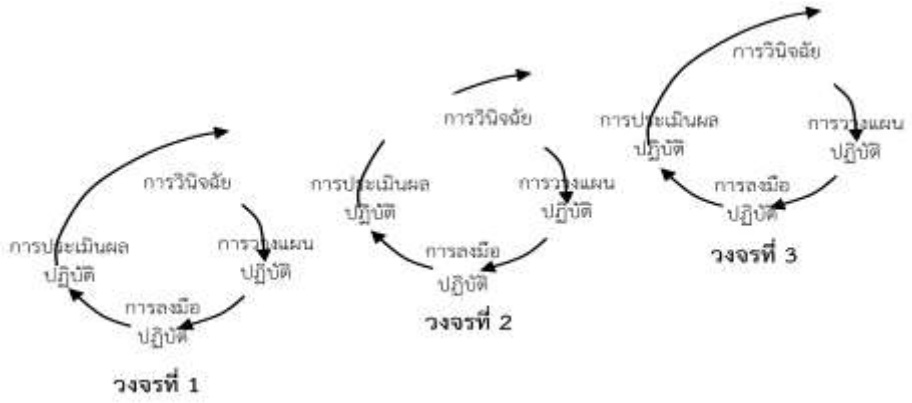


ภาพที่ 2-4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer (1999 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557)

กิจกรรมหลักทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรซ้ำกันหลายรอบ (Recycling set of activities) การดำเนินกิจกรรมการวิจัยในขั้นตอนแรกมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อช่วยให้บุคคลทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยได้เข้าใจสภาพปัญหา ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรค การปรับปรุงแก้ไขปัญหาและบริบทอื่นๆ ที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างถ่องแท้และชัดเจน เพื่อที่จะได้คิดหาหนทางที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายดังกล่าวนี้ นักวิจัยที่เป็นบุคคลภายนอกจะเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย บุคคลภายในองค์กรหรือชุมชนทำหน้าที่นิยามปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนพรรณนารายละเอียดเกี่ยวกับบริบทแวดล้อม องค์กรหรือชุมชนและสภาวการณ์เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นอกจากนี้ยังร่วมมือกันเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและบริบทแวดล้อม โดยใช้วิธีการสังเกตการณ์ สัมภาษณ์ หรือการศึกษาเอกสาร ส่วนการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ได้แก่ การตีความและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากขั้นตอนแรก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความชัดเจนและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปตามที่ได้คิดวิเคราะห์ไว้ โดยมีการประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นกลยุทธ์สำคัญเพื่อการระบุความสำเร็จของการแก้ปัญหาว่าอยู่ในระดับใด มีประเด็นใดบ้างที่จะต้องทำการแก้ไขในวงจรรอบต่อไป

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick (2001)

ตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick (2001 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557) ได้แบ่งกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นขั้นตอนเบื้องต้น 1 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจบริบทของปัญหาที่ต้องการแก้ไขและการกำหนดจุดมุ่งหมายการปฏิบัติการ และมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวินิจฉัย (Diagnosing) 2) การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) 3) การลงมือปฏิบัติการ (Taking action) และ 4) การประเมินผลการปฏิบัติการ (Evaluation action) ซึ่งกระบวนการวิจัยเป็นไปตามภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-5 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick (2001 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557)

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นจากการวินิจฉัยสภาวการณ์ของปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไข รวมทั้งการระบุกรอบแนวคิด ทฤษฎี และหลักการพื้นฐานสำหรับใช้รองรับการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงทำการวางแผนปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาหรือโครงการพัฒนาที่กำหนดไว้ โดยอาศัยข้อมูลจากผลการวินิจฉัยในขั้นตอนแรกและความร่วมมือร่วมใจของบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน แล้วจึงลงมือปฏิบัติการตามแผนการที่วางไว้ทีละขั้นตอน เสร็จแล้วจึงทำการประเมินผลการปฏิบัติงานทั้งที่เกิดขึ้นโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ เพื่อตรวจสอบดูความถูกต้อง และความเหมาะสมของการวินิจฉัยและการปฏิบัติการตามแผน สารสนเทศที่ได้จากการประเมินผลในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในวงจรรอบต่อไป

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดขององอาจ นัยพัฒน์ (2548, หน้า 346) ได้สรุปกระบวนการของกิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นขั้นตอนย่อยๆไว้ 10 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ระบุแนวคิดและนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่ออธิบายข้อเท็จจริงของสภาวการณ์ที่เป็นปัญหาซึ่งต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุง หรือพัฒนา
3. วางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา
4. นำยุทธวิธีปฏิบัติที่วางไว้ไปลงมือปฏิบัติจริง
5. สังเกตการณ์ ติดตามตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติงานตามยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือกระทำไปแล้ว

6. สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือปฏิบัติแล้ว โดยอาศัยการคิดในเชิงวิพากษ์ด้วยทัศนะอันหลากหลายจากนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยบนพื้นฐานของข้อมูลหลักฐานร่องรอยต่างๆที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 5

7. ทบทวนและปรับปรุงแผนยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา

8. นำแผนยุทธวิธีปฏิบัติที่ปรับแล้วไปลงมือปฏิบัติจริง

9. สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ปรับและลงมือปฏิบัติแล้ว

10. ดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเห็นร่วมกันอย่างสอดคล้องว่า สถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้รับการปรับปรุงแก้ไขจนอยู่ในระดับที่พอใจ ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านเวลาและทรัพยากรของการวิจัย

Gerald Susmman (1983 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 72) ได้อธิบายกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 5 ขั้นตอน คือ

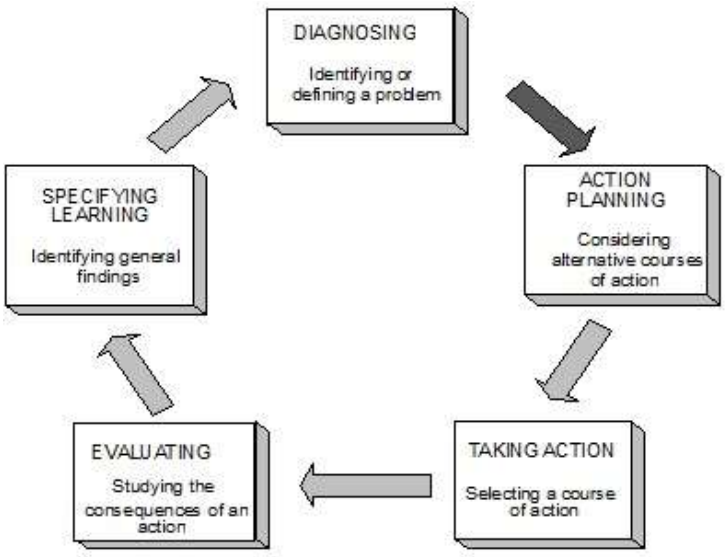
1. ขั้นการวินิจฉัยปัญหา (Diagnosing) เป็นขั้นตอนของการระบุปัญหาหรืออธิบายปัญหา

2. ขั้นทำแผนปฏิบัติการ (Action plan) ผู้วิจัยและสมาชิกกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหาและหาทางเลือกเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ

3. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Taking action) ตามแผน

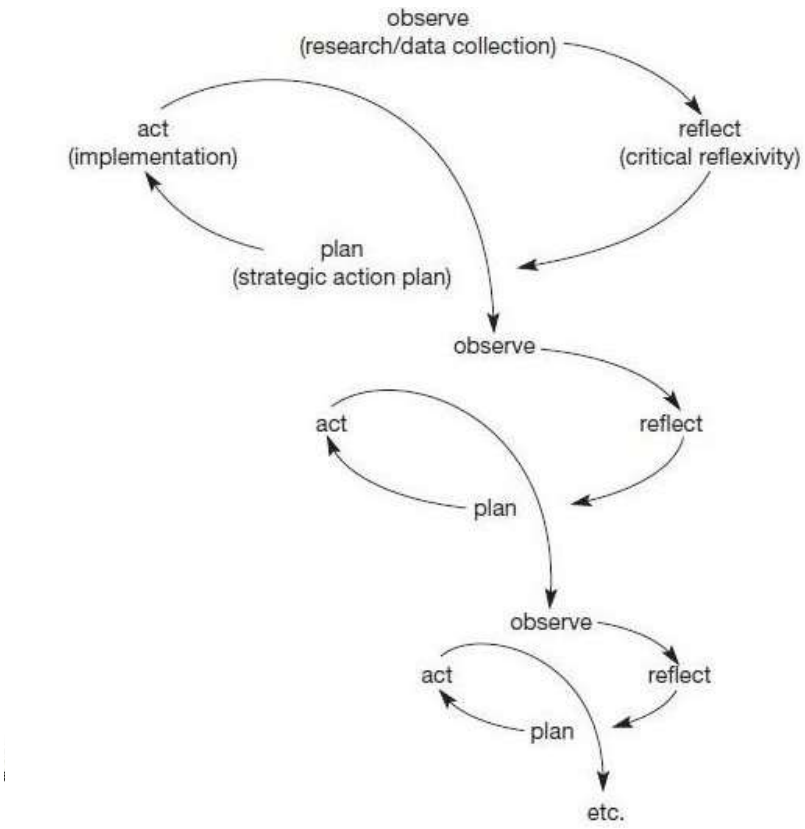
4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) ขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติการทั้งหมดร่วมกันศึกษาผลที่ได้จากการปฏิบัติตามแผน

5. ขั้นระบุการเรียนรู้ (Specifying learning) ภายหลังผู้ปฏิบัติงานผ่านการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-4 นักปฏิบัติทั้งหลายต้องร่วมมือกันในการระบุข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ในการสร้างการเปลี่ยนแปลง ผลการเรียนรู้จะนำไปสู่ขั้นตอนที่ 1 ในวงจรที่ 2…3… ต่อไป



ภาพที่ 2-6 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Susman (1983 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 72)

O'Leary (2004 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 74) เห็นว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นเสมือนการสร้างการเรียนรู้จากประสบการณ์เพื่อนำสู่การเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป้าหมายของความสำเร็จจะขัดเกลาวิธีการของการปฏิบัติ การเก็บข้อมูล รวมทั้งการตีความข้อมูลจะเป็นแสงสว่างที่นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องราวในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย กระบวนการเริ่มต้นด้วยขั้นตอนของการสังเกต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้วิธีการวิจัยในการเก็บข้อมูลผลการศึกษา ที่ได้นำไปสู่การสะท้อนผลเพื่อให้เกิดการตระหนักและความเข้าใจที่ลึกซึ้งในปัญหา จากนั้นสมาชิกช่วยกันทำแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อนำสู่การกำหนดเป้าหมายไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนจะนำไปสู่การค้นหาวิธีการและเครื่องมือในการปฏิบัติแล้วจึงลงมือปฏิบัติตามแผน สมาชิกกลุ่มสามารถนำผลจากการปฏิบัติที่ได้สู่การสำรวจปัญหาอีกครั้งในขั้นตอนของการสังเกตในรอบที่ 2 ผลจากการสำรวจจะนำสู่การสะท้อนผลสู่สมาชิกกลุ่มอีกครั้ง และนำสู่การจัดทำแผน รวมทั้งปฏิบัติการตามแผนต่อไป โดยสามารถวนไปสู่วงจรในรอบที่ 3…4 ต่อไป ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-7 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ O'Lery (2004 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 74)

จากกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นขั้นเป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเน ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไข ปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่นๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นเพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Action) เป็นขั้นลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้

ขั้นที่ 3 การสังเกตผล (Observe) เป็นขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไปรวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวนและปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป

จากการศึกษากระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ได้กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้นำกระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะการญจน์, 2557) มาใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของครูนักเรียน วิชาและสิ่งแวดล้อมเพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งจากการสังเกตชั้นเรียนผู้วิจัยได้

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในชั้นเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน คือ แผนที่ 1, 2 คือวงจรที่ 1 แผนที่ 3 คือ วงจรที่ 2 และแผนที่ 4 เป็นวงจรที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 . การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง ๆ จะมีการสังเกตการณ์เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่ แบบทดสอบ บันทึกหลังการสอนของครู บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรม และใช้การสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

คะแนนพัฒนาการ

การคำนวณคะแนนพัฒนาการ (Gain score) เป็นวิธีที่เสนอโดย ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 266-268) ซึ่งการคำนวณคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนจะพิจารณาจากคะแนนเพิ่ม หรือคะแนนผลต่าง (Y-X) ที่ได้จากการวัดครั้งแรก (X) และการวัดครั้งหลัง (Y) มักประสบปัญหาจากอิทธิพลเพดาน (Ceiling effect) เนื่องจากกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถสูง เช่น กลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง โดยเฉลี่ยแล้วจะมีคะแนนการวัดครั้งแรกที่สูงกว่ากลุ่มอ่อน เมื่อมีการวัดครั้งหลังโอกาสที่คะแนนครั้งหลังจะสูงขึ้นได้เพียงใดนั้นจะถูกกำหนดโดยเพดาน (คะแนนเต็ม) ทำให้คะแนนเพิ่มของกลุ่มเก่งและปานกลางมีแนวโน้มที่ต่ำกว่ากลุ่มอ่อน การคำนวณคะแนนเพิ่มขึ้นจะยิ่งเป็นปัญหามากขึ้น ถ้าแบบทดสอบที่ใช้วัดเป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่าย มีสูตรและวิธีการคำนวณดังนี้

$$GS(\%) = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

โดยที่ GS (%) คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development Score or Grain Score) คิดเป็นร้อยละ

X คือ คะแนนวัดครั้งก่อน

Y คือ คะแนนวัดครั้งหลัง

F คือ คะแนนเต็ม

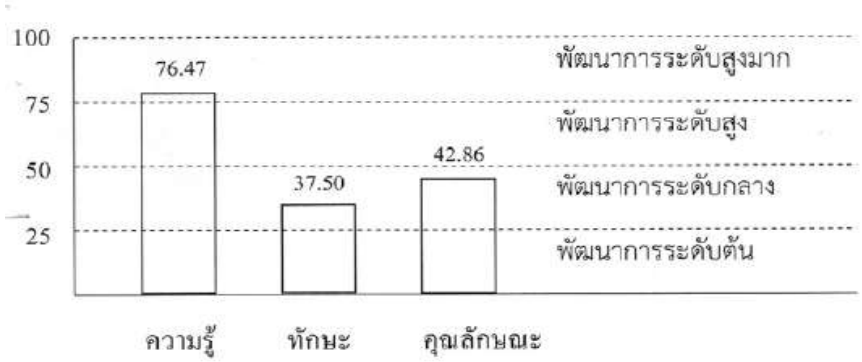
โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (%)	**ระดับพัฒนาการ**
76.00-100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
51.00-75.00	พัฒนาการระดับสูง
26.00-50.00	พัฒนาการระปานกลาง
0.00-25.00	พัฒนาการระดับต่ำ

ตัวอย่างการคำนวณคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน ดังแสดงในตารางที่ 2-3 และตัวอย่างวิธีการนำเสนอและการประเมิน ดังภาพที่ 2-6

ตารางที่ 2-5 ผลการวัดและคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน

เลขที่	ชื่อ	การวัดครั้งที่ 1			การวัดครั้งที่ 2			คะแนนพัฒนาการ		
		ความรู้ (100)	ทักษะ (50)	คุณลักษณะ (80)	ความรู้ (100)	ทักษะ (50)	คุณลักษณะ (80)	ความรู้ (100)	ทักษะ (50)	คุณลักษณะ (80)
1	ก	15	10	10	80	25	40	76.47	37.50	42.86
2	ข	10	10	15	50	30	40	44.44	50.00	38.46
3	ค	30	15	20	70	35	50	57.14	57.14	50.00
4	ง	40	20	30	90	45	60	83.33	83.33	60.00
5	จ	25	15	20	35	20	30	13.33	14.29	16.67



ภาพที่ 2-8 แผนภูมิแท่งแสดงพัฒนาการของผู้เรียน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ปิยะฉัตร์ ชัยมาลา (2550) ที่ศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่านักเรียนร้อยละ 82.86 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

พรรณี ประวัง (2554) ศึกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระดานอินเทอร์แอคทีฟ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนตะโหนด จังหวัดพัทลุง จำนวน 48 คน ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรชา ชูเชื้อ (2554) ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่อง โมเมนตัมและการดล ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ.นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน.แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 36 คน เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์.และกลุ่มควบคุมจำนวน 35 คนเรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 76.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ได้จากการสุ่มแบบ Cluster random sampling จำนวน 45 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) และ ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Heller, Keith, & Anderson (1991) ได้ศึกผลของการสอนวิธีแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มกับการแก้โจทย์ปัญหารายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ใช้กลวิธียุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มดีกว่านักเรียนที่แก้โจทย์ปัญหารายบุคคล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ทั้งยังพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยเน้นการฝึกคิดวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นตอน การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาและส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามไปด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีข้อมูลและหลักฐานที่ทำให้มั่นใจว่า เมื่อนำการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์นี้จะทำให้นักเรียนมีทักษะ การวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาและคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้อง สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและส่งผลดีอย่างยิ่งต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้นตามไปด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 32 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของครู นักเรียน วิชาและสิ่งแวดล้อมเพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งจากการสังเกตชั้นเรียนผู้วิจัยได้นำเอาการจัด

การเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไปใช้ในชั้นเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน คือ แผนที่ 1, 2 คือวงจรที่ 1 แผนที่ 3 คือ วงจรที่ 2 และแผนที่ 4 เป็นวงจรที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง ๆ จะมีการสังเกตการณ์เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบ การเขียนบันทึกหลังการสอนของครู บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรม และใช้การสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์เฮลเลอร์มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ผลการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 2 ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

แผนที่	**ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้**	**สาระการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**น้ำหนัก 100%**	**เวลาเรียน (ชั่วโมง)**
1 การเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง	1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุนและความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุน	1. การเคลื่อนที่แบบหมุน 2. ปริมาณการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. อธิบายลักษณะและปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ 2. สามารถบอกทิศทางการกระจัดเชิงมุม และความเร็วเชิงมุมได้ 3. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	21.43	3

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผนที่	ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก 100%	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
2 ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย	1. อธิบายทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย	1. โมเมนต์ความเฉื่อย	1. อธิบายและบอกความหมายของทอร์กได้ 2. อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้ตามสมการ $\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$ 3. อธิบายความหมายของโมเมนต์ความเฉื่อยได้ 4. บอกสมการหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปร่างต่าง ๆ ได้ 5. อธิบายผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุเนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยได้ 6. คำนวณทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยของการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	28.57	4

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผนที่	ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก 100%	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
3 พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. อธิบายพลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน 2. อธิบายพลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. พลังงานจลน์ของการหมุน 2. พลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. บอกได้ว่าวัตถุที่กำลังหมุน จะมีพลังงานจลน์ของการหมุน 2. คำนวณพลังงานจลน์ของกทารหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์และปริมาณที่เกี่ยวข้องให้	28.57	4

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผนที่	**ผลการเรียนรู้**	**สาระการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**น้ำหนัก 100%**	**เวลาเรียน (ชั่วโมง)**
4 โมเมนต์ของการหมุน	1. อธิบายโมเมนต์ตัมเชิงมุมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	1. โมเมนตัมเชิงมุม 2. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	1. อธิบายความหมายของโมเมนตัมเชิงมุมได้ $\vec{L} = I\vec{\omega}$ 2. นำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	21.43	3
	รวม			100	14

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 4 แผน ซึ่งแต่ละแผนมีขั้นตอน ดังนี้

1.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

1.3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

1.3.4 ขั้นขยายความรู้

1.3.4.1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

1.3.4.2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

1.3.4.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

1.3.4.4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

1.3.4.5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

1.3.5 ขั้นประเมิน

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบ แล้วนำไปปรับปรุง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) และด้านการวัดผลประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนและการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักของคะแนนดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117)

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าความเหมาะสม

ค่าความเหมาะสมที่ได้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138)

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมมากปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าคะแนนฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญมีค่า 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ทุกฉบับมีค่าคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.80-5.00

1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- เพิ่มแนวคำตอบในประเด็นที่ตั้งคำถามในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้
- ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา รวมทั้งศัพท์เทคนิคให้ถูกต้อง
- ปรับแก้สาระการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนและกระชับมากขึ้น

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมายที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบและข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้วนำมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

1.8 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 4/3 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน คู่มือการวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งวิธีการการสร้างแบบทดสอบ

2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

ซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ เนื่องจากว่าผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านต่าง ๆ เพียง 4 ด้าน ดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ					
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
อธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุนและความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุน	1. การเคลื่อนที่แบบหมุน 2. ปริมาณการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. อธิบายลักษณะและปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้	1	2	-	-	3	2
		2. สามารถบอกทิศทางการกระจัดเชิงมุม และความเร็วเชิงมุมได้	-	2	-	-	2	1
		3. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	2	2	1	-	5	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ					
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
อธิบายทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย	1. โมเมนต์ความเฉื่อย	1. อธิบายและบอกความหมายของทอร์กได้	1	1	-	-	2	1
		2. อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้ตามสมการ $\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$	-	2	-	-	2	1
		3. อธิบายความหมายของโมเมนต์ความเฉื่อยได้	1	1	-	1	3	1
		4. บอกสมการหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปร่างต่าง ๆ ได้	-	1	-	1	2	1
		5. อธิบายผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุเนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยได้	-	2	-	-	2	1
		6. คำนวณทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยของการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	2	-	4	-	6	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ					
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
- อธิบายพลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน - อธิบายพลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. พลังงานจลน์ของการหมุน 2. พลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน	1. บอกได้ว่าวัตถุที่กำลังหมุน จะมีพลังงานจลน์ของการหมุน 2. คำนวณพลังงานจลน์ของกทารหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์และปริมาณที่เกี่ยวข้องให้	- -	2 -	- 6	- -	2 6	1 2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ					
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
- อธิบายโมเมนต์ตัมเชิงมุม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	1. โมเมนตัมเชิงมุม 2. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	1. อธิบายความหมายของโมเมนตัมเชิงมุมได้ $\vec{L} = I\vec{\omega}$	1	1	-	-	2	1
		2. นำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม ไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	-	-	3	-	3	2
รวม			8	16	14	2	40	20

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยนำมาใช้จริงจำนวน 20 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้จัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย-แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2555, หน้า 111) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผลการประเมิน พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นทั้งหมด 40 มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .60-1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา ให้มีความเหมาะสมและถูกต้อง
- ปรับประโยคคำถามให้ชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น
- ปรับข้อตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้นและให้มีความสอดคล้องกัน
- เรียงตัวเลือกจากสั้นไปยาว หรือ จากยาวไปสั้น และตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกัน

2.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย (นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 27 คน) ที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง แล้ววิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) โดยใช้เทคนิค 50% (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-186) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 ขึ้นไป

2.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-.59 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .22-0.78 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

2.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไปจึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209)) จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

3.1 ศึกษาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลล์และเฮลเลอร์จากหนังสือ Cooperative Problem Solving in Physics A User's Manual

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อที่จะนำไปสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 10 ข้อโดยนำมาใช้จริงจำนวน 5 ข้อ ลักษณะเป็นโจทย์ปัญหา โดยแบบวัดการแก้โจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นนี้ ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)
ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)
ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)
ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบ (Evaluate the answer)

3.4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

3.4.1 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

รายการประเมิน	**เกณฑ์การพิจารณา**	**ระดับคะแนน**
ด้านการพิจารณาปัญหา (Focus the problem)	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้	0
ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)	- สามารถเขียนปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	2
	- สามารถเขียนปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงหรือสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนปริมาณต่าง ๆที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้และไม่สามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	0

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา	ระดับคะแนน
ด้านการวางแผน (Plan the solution)	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนรูปสมการ ตามจำนวณที่ต้องใช้แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้	0
ด้านการดำเนินการตามแผน (Execute the plan)	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้และสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง	2
	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้หรือสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	1
	- ไม่แสดงผลใด ๆ เลย	0
ด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	2
	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	1
	- ไม่สามารถแสดงผลการตรวจสอบได้	0

3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา จำนวนข้อของแบบทดสอบและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาและตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 227) โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตามจุดประสงค์

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นจะวัดจุดประสงค์นั้นหรือไม่

-1 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์

3.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนน IOC ตั้งแต่ .5 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 228-229) ซึ่งถือว่าเป็นข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง .60-1.00 จากนั้นปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของข้อคำถามให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- ปรับภาษาให้มีความสละสลวยมากขึ้น
- กำหนดค่าคงที่ให้บางตัวแปร (โมเมนต์ความเฉื่อย)
- เพิ่มรายละเอียดโจทย์ให้มีความท้าทายและการได้นำไปใช้ในชีวิตจริง
- รูปภาพบอกรายละเอียดให้ชัดเจนและให้สอดคล้องกับการอธิบายในโจทย์

3.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 27 คน ที่เคยเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนมาแล้ว โดยการวิจัยครั้งนี้จะใช้รูบิคสกอร์สำหรับการให้คะแนนดังตาราง 3-3 และเกณฑ์ให้คะแนนดังตาราง 3-4

ตารางที่ 3-4 วิเคราะห์การให้คะแนนการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์

รายการประเมิน	**น้ำหนักคะแนน (%)**
ด้านพิจารณาปัญหา (Focus the problem)	20
ด้านอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)	20
ด้านวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)	20
ด้านดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)	20
ด้านตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)	20
รวม	100

3.9 นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตร PE ของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 245)

3.10 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .20-.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .41- .67 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .22-.57

3.11 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) โดยมีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .7 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 253) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .82

3.12 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยทำการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียน

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขแล้ว

3. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน กับกลุ่มเป้าหมาย ใช้เวลาสอนทั้งหมด 14 ชั่วโมง จำนวน 4 แผน ซึ่งผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง 4 ขั้นตอน (PAOR) และต่อเนื่องเป็น 3 วงจร ดังนี้

2.1 วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2

2.2 วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

2.3 วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

4. ในระหว่างการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพของนักเรียนจากหลักฐานต่าง ๆ เช่น การสัมภาษณ์ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกประจำวันของครู และแบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้นเพื่อนำมาสังเคราะห์ความรู้ ปัญหาที่ควรปรับปรุง และพัฒนาต่อไป

5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละวงจร ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรเพื่อวัดพัฒนาการของผู้เรียนในด้านของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

6. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนครบทุกวงจร ทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยผู้วิจัยทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนแล้วบันทึกผลการทดสอบไว้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

7. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติส่วนข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการเก็บรวบรวม

ข้อมูลในแต่ละวงจรนั้นจะนำมาสังเคราะห์ความรู้เพื่ออธิบายปัญหาต่าง ๆ ที่ควรปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลทั้งระหว่างดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการและเมื่อสิ้นสุดการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้จากการนำข้อมูลจากแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เมื่อสิ้นสุดการวิจัยทั้ง 3 วงจร ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยเกณฑ์ในการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สามารถเทียบได้กับเกณฑ์ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 266-268) ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (%)	ระดับพัฒนาการ
76.00 - 100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
51.00 - 75.00	พัฒนาการระดับสูง
26.00 - 50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
0.00 - 25.00	พัฒนาการระดับต่ำ

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย และแบบสังเกตพฤติกรรม เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$) โดยใช้สูตร (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 191)

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

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ร้อยละ (Percentage) คำนวณได้จากสูตร (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 186)

$$\text{ร้อยละ} = \frac{n}{N} \times 100$$

เมื่อ n แทน จำนวนที่ต้องการ

N แทน จำนวนทั้งหมด

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 79)

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

X แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

$\sum X$ แทน ผลรวมของตะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$\left(\sum X\right)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์พัฒนาการใช้การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ คำนวณจากสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

$$GS(\%) = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

เมื่อ $GS(\%)$ แทน คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

X แทน คะแนนวัดครั้งก่อน

Y แทน คะแนนวัดครั้งหลัง

F แทน คะแนนเต็ม

3. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2555, หน้า 102) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2 หาค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2555, หน้า 113) โดยใช้สูตร

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

N แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

3.3 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 113) โดยใช้สูตร

$$r = \frac{R_U}{N_U} - \frac{R_l}{N_l}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_u แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_l แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_u แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูง

N_l แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำ

3.4 หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้สูตร *KR-20* ของคูเดอร์- ริชาร์ดสัน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2555, หน้า 106)

$$K.R.20 = \frac{n}{(n-1)}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ n แทน จำนวนของข้อคำถาม

p แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบได้ 1 คะแนน

q แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบได้ 0 คะแนน

s^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมรายบุคคล

<u>หมายเหตุ</u> s^2 หาได้จากสูตร

$$s^2 = \frac{\sum(x-\overline{x})^2}{N}$$

เมื่อ N เป็นจำนวนคนที่ทำการทดสอบ

3.5 หาค่าความยากง่าย (P) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้สูตร PE ของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 245)

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

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

Nแทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3.6 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยใช้สูตร D ของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 201)

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

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3.7 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน โดยคำนวณจากสูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบัค ดังนี้ (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, หน้า 253)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทนสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทนจำนวนข้อของแบบทดสอบ

$\sum s_i^2$ แทนความแปรปรวนของคะแนนข้อหนึ่ง ๆ

s_t^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ผลดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 คะแนนพัฒนาการด้านด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

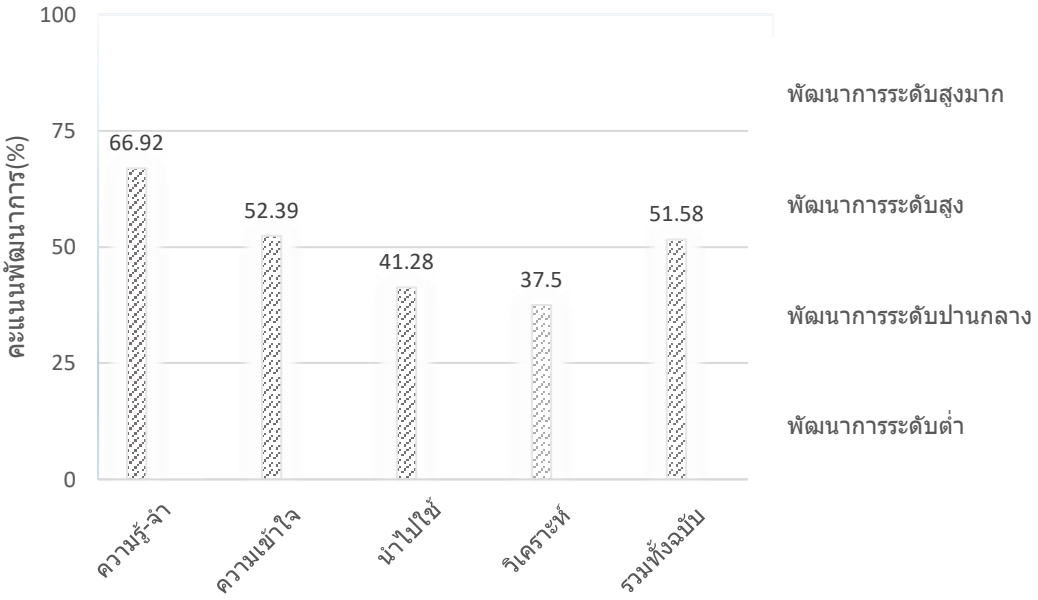
คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ				
	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (%)	ความเข้าใจ (%)	นำไปใช้ (%)	วิเคราะห์ (%)	รวมทั้งฉบับ (%)
1	2	2	1	0	5	4	4	5	1	14	50.00	50.00	66.67	100	60.00
2	3	1	2	0	6	5	4	4	0	13	66.67	60.00	40.00	0	50.00
3	2	1	2	0	5	5	2	3	0	10	75.00	20.00	20.00	0	33.34
4	2	0	1	0	3	4	4	3	1	12	50.00	66.67	33.34	100	52.95
5	2	1	2	0	5	3	5	5	0	13	25.00	80.00	60.00	0	53.34
6	1	1	1	0	3	6	4	5	1	16	100	60.00	66.67	100	76.47
7	2	2	2	0	6	6	3	3	0	12	100	25.00	20.00	0	42.85
8	2	2	0	0	4	6	4	4	1	15	100	50.00	57.14	100	68.75
9	2	1	1	0	4	4	5	4	1	14	50.00	80.00	50.00	100	62.50
10	2	1	1	0	4	4	4	3	0	11	50.00	60.00	33.34	0	43.75
11	2	3	2	0	7	5	4	4	0	13	75.00	33.34	40.00	0	46.15
12	2	0	2	0	4	2	3	5	0	10	0	50.00	60.00	0	37.50

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ				
	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (%)	ความเข้าใจ (%)	นำไปใช้ (%)	วิเคราะห์ (%)	รวมทั้งฉบับ (%)
13	2	2	2	0	6	4	5	3	1	13	50.00	75.00	20.00	100	50.00
14	3	2	0	1	6	6	5	6	1	18	100	75.00	85.71	0	85.71
15	2	3	2	1	8	3	5	4	1	13	25.00	66.67	40.00	0	41.67
16	3	1	2	0	6	4	3	3	0	10	33.33	40.00	20.00	0	28.57
17	2	0	3	0	5	4	5	3	1	13	50.00	83.34	0	100	53.34
18	2	3	1	0	6	3	4	2	0	9	25.00	33.34	16.67	0	21.42
19	1	2	2	0	5	6	3	5	1	15	100	25.00	60.00	100	66.67
20	2	1	1	0	4	6	2	4	1	13	100	20.00	50.00	100	56.25
21	3	2	2	0	7	5	4	3	0	12	66.67	50.00	20.00	0	38.46
22	3	2	1	0	6	6	4	4	1	15	100	50.00	50.00	100	64.28
23	2	1	1	0	4	4	5	3	0	12	50.00	80.00	33.34	0	50.00

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ				
	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (6)	ความเข้าใจ (6)	นำไปใช้ (7)	วิเคราะห์ (1)	รวมทั้งฉบับ (20)	ความรู้-จำ (%)	ความเข้าใจ (%)	นำไปใช้ (%)	วิเคราะห์ (%)	รวมทั้งฉบับ (%)
24	2	1	3	0	6	5	5	4	0	14	75.00	80.00	25.00	0	57.14
25	2	1	2	0	5	6	3	4	0	13	100	40.00	40.00	0	53.34
26	3	1	2	0	6	5	4	5	0	14	66.67	60.00	60.00	0	57.14
27	3	3	2	0	8	5	4	5	1	15	66.67	33.34	60.00	100	58.34
28	2	1	1	0	4	5	4	4	0	13	75.00	60	50.00	0	56.25
29	3	2	1	0	6	6	3	3	1	13	100	25	33.34	100	50.00
30	3	2	2	0	7	5	3	4	0	12	66.67	25	40.00	0	38.46
31	3	1	2	1	7	6	4	3	0	13	100	60	20.00	0	46.15
32	2	1	3	0	6	4	4	5	0	13	50.00	60	50.00	0	50.00
$\overline{X}$	2.25	1.46	1.63	0.09	5.43	4.75	3.90	3.90	0.43	13.00	66.92	52.39	41.28	37.50	51.58
S.D.	0.56	0.84	0.75	0.29	1.31	1.10	0.95	0.92	0.53	1.84	28.03	19.97	19.00	49.19	13.24



ภาพที่ 4-1 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งฉบับเฉลี่ยร้อยละ 51.58 ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละด้าน พบว่า ด้านความรู้-จำ คิดเป็นร้อยละ 66.92 รองลงมาเป็นด้านความเข้าใจ ร้อยละ 52.39 ซึ่งมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูงส่วนด้านการนำไปใช้ และด้านวิเคราะห์ ร้อยละ 41.28 และ ร้อยละ 37.50 ตามลำดับซึ่งมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 คะแนนพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

คนที่	ผลการทดสอบ		
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คะแนนพัฒนาการ
1	10	43	82.50
2	12	40	73.68
3	11	42	79.48
4	13	35	59.45
5	10	37	67.50
6	12	45	86.84
7	8	35	64.28
8	9	33	58.53
9	10	40	75.00
10	11	38	69.23
11	8	30	52.38
12	9	40	75.60
13	10	41	77.50
14	13	46	89.18
15	10	39	72.50
16	11	40	74.35
17	9	38	70.73
18	11	39	71.79
19	9	42	80.48
20	10	37	67.50
21	11	35	61.53
22	12	42	78.94
23	8	30	52.38

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

คนที่	ผลการทดสอบ		
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คะแนนพัฒนาการ
24	9	41	78.04
25	11	39	71.79
26	10	35	62.50
27	9	36	65.85
28	9	38	70.73
29	8	40	76.19
30	10	40	75.00
31	12	44	84.21
32	1	28	47.61
$\overline{X}$	10.09	38.38	71.04
S.D.	1.46	4.24	10.00

จากตารางที่ 4-2 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.09 คะแนน และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.38 คะแนน โดยเมื่อวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการแล้ว พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 71.04

3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผน (Action) การสังเกตผล (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) ในหนึ่งวงจร และต่อเนื่องทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

วงจรที่ 1 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 1 และ 2

วงจรที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 3

วงจรที่ 3 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 4

วงจรที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 1 และแผนที่ 2 ดังนี้

1.1 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาณการเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง และแผนที่ 2 เรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยศึกษาจากตำราเรียน และแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

1.2 จัดเตรียมสื่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอนรวมถึงแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร และแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.3 จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pretest) ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ (ข้อสอบปรนัย) และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจำนวน 5 ข้อ (ข้อสอบอัตนัย) พร้อมกระดาษคำตอบจำนวน 32 ชุด

2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง และทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน ตามลำดับ รวมเป็นจำนวน 7 คาบ (350 นาที) ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ได้ทั้งหมด

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2

นักเรียนคนที่	**คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1**	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	**แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)**
1	3	2
2	4	4
3	4	3
4	3	3
5	2	4
6	4	3
7	4	2
8	4	2
9	4	2
10	4	3
11	4	3
12	2	1
13	4	2
14	4	3
15	3	2
16	4	3

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)
17	4	3
18	4	2
19	4	2
20	4	3
21	4	2
22	4	3
23	3	2
24	4	1
25	2	2
26	4	2
27	4	5
28	3	3
29	4	5
30	4	2
31	2	3
32	4	3
$\overline{X}$	3.60	2.65
S.D.	0.71	0.93

จากตารางที่ 4-3 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ของนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนในด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งเมื่อ พิจรณาแล้วพบว่าในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่านักเรียนสามารถทำคะแนน

อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน สูตรที่ใช้จะคล้ายๆ กับเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่ผ่านมาทั้งหมด เพียงแค่ตัวแปร ต่างกัน เช่น สำหรับสูตรการเคลื่อนที่ในแนวตรง

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}\mathrm{t}$$

สำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุน

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\alpha}\mathrm{t}$$

ซึ่งจะเห็นว่าสูตรมีลักษณะที่คล้ายๆจึงทำให้นักเรียนสามารถหยิบสูตรที่เคยเรียนมาก่อนหน้านั้นมาปรับใช้ได้และในหัวข้อเรื่องปริมาณการเคลื่อนที่แบบหมุนนั้น ยังเป็นเรื่องที่ยังไม่มีความซับซ้อนมากนักเลยทำให้คะแนนในด้านผลสัมฤทธ์ทางการเรียนของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในเกณฑ์ดี

ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งคะแนนค่อนข้างน้อยมาก สาเหตุที่นักเรียนได้คะแนนน้อย เนื่องจากนักเรียนยังไม่ชินกับการจัดการเรียนรู้แบบนี้ และยังไม่สามารถจำขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาได้

4. การสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 1 และ 2 พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีดังกล่าวนั้นเป็นวิธีน่าสนใจ นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นั้นเป็นวิธีการที่เน้นการหาคำตอบด้วยตนเอง และนักเรียนได้บอกกับผู้วิจัยว่า อยากให้อาจารย์พูดช้า ๆ และให้ชัดมากกว่านี้เนื่องจากกระบวนการแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอนที่ซับซ้อนกว่าที่นักเรียนเคยเรียนมาโดยเฉพาะขั้นสุดท้ายที่มีการตรวจสอบผลลัพธ์ซึ่งนักเรียนไม่เคยทำและไม่คุ้นเคย เลยอยากให้อาจารย์แสดงวิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ให้ละเอียดและควรจะให้เวลามากกว่านี้เนื่องจากเป็นการทดลอง นักเรียนไม่สามารถทำทันตามเวลาที่กำหนดและยังไม่สามารถจำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีดังกล่าวได้

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับปรุงแผนในวงจรที่ 2 ต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยให้นักเรียนเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลาเนื่องจากในวงจรที่ 1 นั้นนักเรียนเข้าห้องเรียนช้าจึงทำให้ผู้วิจัยเร่งรีบในการสอนและส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถรับข้อมูลที่ผู้วิจัยให้ทั้งหมดได้ครบถ้วน

2. ผู้วิจัยต้องอธิบายในเรื่องที่สอนให้ช้าลงและชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนที่ตามไม่ทันหรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนสามารถจับประเด็นสำคัญของเนื้อหาได้

3. ผู้วิจัยใส่ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาลงในกระดาษคำตอบในการทำตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และให้ตัวอย่างกับนักเรียนมากขึ้น

4. ผู้วิจัยแสดงวิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ให้นักเรียนดูอย่างละเอียด เพื่อให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง

วงจรที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ตามแนวทางที่ได้จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2

2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน รวมเป็นจำนวน 4 คาบ (200 นาที) ซึ่งผู้วิจัยพบปัญหาคือ ผู้วิจัยใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้มาซึ่งคำตอบ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบคำถามได้ เพราะหัวใจหลักของการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้น ผู้สอนไม่ได้บอกคำตอบกับเด็กโดยตรงแต่ต้องใช้คำถามในการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้มาซึ่งคำตอบนั้น และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังนิ่งเงียบและไม่สามารถตอบคำถามได้

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)
1	3	6
2	3	7
3	4	6
4	4	5
5	5	6
6	3	8
7	4	7
8	4	8
9	2	6
10	3	6
11	5	7
12	3	6
13	3	8
14	4	9
15	3	7
16	3	7
17	4	6
18	3	7
19	3	8
20	4	7
21	4	8
22	3	7
23	3	7

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)
24	5	6
25	4	7
26	3	6
27	4	9
28	3	8
29	3	7
30	4	7
31	3	6
32	3	8
$\overline{X}$	3.50	6.70
S.D.	0.71	0.97

จากตารางที่ 4-4 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนในด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เฉลี่ยเท่ากับ 6.70 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งพบ ว่านักเรียนทำคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ต่ำกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ที่ได้คะแนนเฉลี่ย 3.60 ซึ่งอาจเป็นได้ว่าในหัวข้อนี้ต้องใช้ความรู้ในหลายๆ เรื่องร่วมกันในการแก้โจทย์ปัญหา เช่น การเคลื่อนที่ในแนวตรง ถ้านักเรียนไม่เข้าใจก็เป็นเรื่องยากที่นักเรียนจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ เลยส่งผลให้คะแนนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลงกว่าในวงจรที่ 1

ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.70 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 ซึ่งพบว่า สูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.65 คะแนน อาจเป็นเพราะครูผู้สอนได้ระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นให้นักเรียน เลยทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจในกระบวนการ

แก้โจทย์ปัญหามากขึ้น

4. การสะท้อนผล (Reflect) ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แผนที่ 3 พบว่าการปรับปรุงแผนที่ใช้ในการสอนในวงจรที่ 1 ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น และนักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการที่ดีขึ้น จากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนโดยส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่า การที่ผู้วิจัยพูดช้าและชัดเจนมากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถที่จะเข้าใจเนื้อหาและประเด็นต่าง ๆ ได้ดี และนักเรียนส่วนใหญ่ก็เห็นว่าอยากให้ครูผู้สอนทำการสรุปเนื้อหาหลังจากที่เรียนจบในแต่ละคาบนั้น ๆ และยังอยากให้ช่วยเน้นย้ำหน่วยของแต่ละตัวแปรให้ด้วยเพราะนักเรียนบางคนไม่สามารถจำหน่วยที่ถูกต้องได้ และในเมื่อจำหน่วยไม่ได้ สิ่งที่ตามมาคือนักเรียนไม่สามารถที่จะตรวจสอบคำตอบโดยวิธีการแทนค่าหน่วยลงในสมการที่ถูกต้องได้ เลยทำให้นักเรียนไม่สามารถได้คะแนนในส่วนของการตรวจคำตอบ และในอีกประเด็นหนึ่ง คือ คำถามที่ผู้วิจัยใช้ถามนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอนนั้น นักเรียนยังไม่สามารถตอบคำถามเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้ เลยอยากให้ครูผู้สอนใช้คำถามที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายและสามารถที่จะนำไปสู่คำตอบได้

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับปรุงแผนในวงจรที่ 3 ต่อไป ดังนี้

1. ผู้วิจัยปรับโดยการใช้คำถามที่ง่ายเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงจากคำถามไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้

2. ผู้วิจัยต้องสรุปเนื้อหาให้นักเรียนทุกครั้งหลังสอนเสร็จรวมทั้งก่อนทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรแต่การสรุปนี้ ผู้วิจัยจะไม่ตอบคำถามกับเรียนโดยตรง โดยผู้วิจัยจะเน้นการถามคำถามนั้นและให้นักเรียนตอบคำถามถือว่าเป็นการสรุปร่วมกันระหว่างครูผู้สอนและนักเรียน

3. ผู้วิจัยต้องทบทวนหรือเน้นย้ำหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ เสมอเพื่อให้นักเรียนสามารถจำหน่วยของปริมาณต่างๆได้

วงจรที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ตามแนวทางที่ได้จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในวงจรที่ 2

2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม รวมเป็นจำนวน 3 คาบ (150 นาที)

ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และได้บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดลงในแบบบันทึกหลังการสอน

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

นักเรียนคนที่	**คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3**	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	**แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)**
1	4	9
2	4	8
3	5	7
4	4	6
5	5	7
6	5	10
7	4	7
8	5	10
9	3	7
10	5	8
11	5	9
12	4	7
13	3	8
14	5	10

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10 คะแนน)
15	5	8
16	5	7
17	4	8
18	3	6
19	5	10
20	3	7
21	5	6
22	3	6
23	2	7
25	5	8
25	4	9
26	3	8
27	5	9
28	4	8
29	4	9
30	4	10
31	2	7
32	4	8
$\overline{X}$	4.09	7.93
S.D.	0.92	1.26

จากตารางที่ 4-5 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน และคะแนนในด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เฉลี่ยเท่ากับ 7.93 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน จะเห็นได้ว่า นักเรียนทำคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้สูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1และ 2 คือ 3.50 และ 4.09 คะแนนตามลำดับ ซึ่งจากคะแนนที่ปรากฏนั้น พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นคำถามให้กับผู้เรียนให้ได้มาซึ่งคำตอบ และนักเรียนสามารถที่จะปรับตัวและเรียนรู้จากคำถามนั้นได้

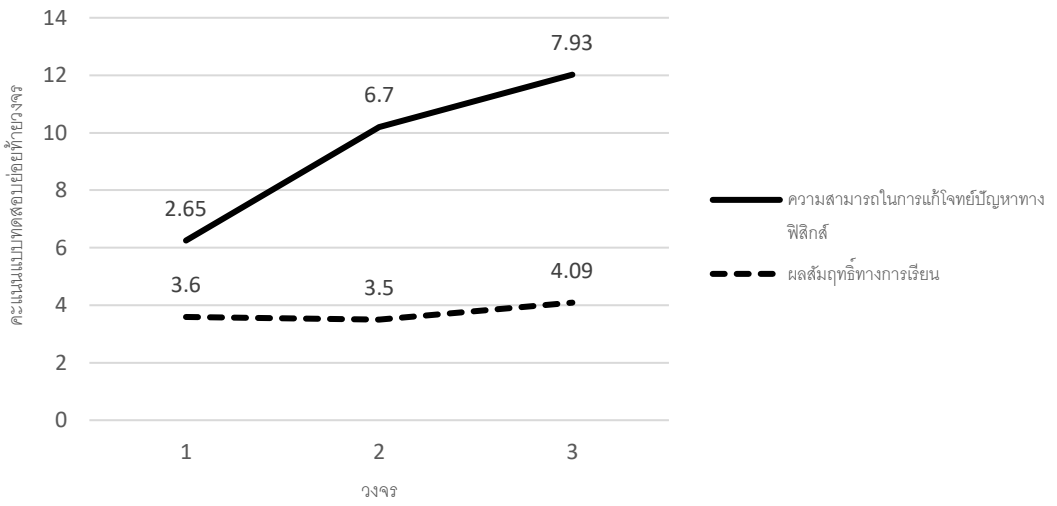
ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.93 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 นั้น พบว่าคะแนนในวงจรที่ 3 สูงกว่าทั้งแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 และ 2 คือ 2.65 และ 6.70 ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนสามารถจับประเด็นของคำถามในแต่ละด้านของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาได้ และยังสามารถเข้าใจปัญหาที่โจทย์ถามรวมถึงแสดงวิธีการได้มาซึ่งคำตอบได้ถูกต้องตามหลักการแก้โจทย์ปัญหาของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

4. การสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แผนที่ 4 พบว่า การปรับปรุงแผนที่ใช้ในการสอนในวงจรที่ 2 ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบมีตรรกะในการคิดแก้ปัญหาและยังสามารถตรวจสอบคำตอบที่ได้มาอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเห็นได้จากแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่มีคะแนนเฉลี่ยในด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้นเรื่อยๆ จากวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

จากที่ได้นำเสนอข้อมูลทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยสามารถสรุปและนำเสนอภาพรวมพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้ ดังตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4-6 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร	วงจร			$\overline{X}$	*S.D.*
	1	**2**	**3**		
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5)	3.60	3.50	4.09	3.73	0.31
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (10)	2.65	6.70	7.93	5.76	2.76



ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงระดับคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

จากข้อมูลในตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละวงจร ดังนี้

ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งวงจรที่มีคะแนนมากที่สุด คือ วงจรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 4.09 คะแนน รองลงมาคือวงจรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 3.60 คะแนน และวงจรที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือวงจรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 3.50 คะแนน

ในด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยวงจรที่มีคะแนนมากที่สุดคือวงจรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 7.93 คะแนน รองลงมาคือวงจรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 6.70 คะแนน และวงจรที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือวงจรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 2.65 คะแนน

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 32 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน จำนวน 4 แผน 2) แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ ต่อ 1 วงจร 3) แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ ต่อ 1 วงจร 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .22-.59 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22-.78 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .75 และ 5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัยชนิด จำนวน 5 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .41-.67 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22-.57 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .82 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร ซึ่งอยู่ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อดูพัฒนาการของนักเรียนตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์พัฒนาการ

สรุปผลการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 51.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สูงขึ้นร้อยละ 71.04 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้แบ่งประเด็นการอภิปรายเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนจะใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีระบบและค้นหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยครูผู้สอนจะคอยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและร่วมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 147) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ใหม่หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วยขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนมุ่งเน้นไปที่วัตถุ

ปัญหาหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยในขั้นนี้จะเน้นไปที่การเชื่อมโยงสู่ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเพราะจะได้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของ ออซูเบล ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้จะมีความหมายแก่ผู้เรียน หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่รู้มาก่อน (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 68) และให้นักเรียนได้สำรวจความคิดรวบยอดที่ผิดของตัวเอง (Misconception) หรือกล่าวได้ว่าครูทำให้นักเรียนเกิดความไม่สมดุลทางความปัญญา (Cognitive disequilibrium) เพื่อที่จะให้นักเรียนเกิดคำถามขึ้นในใจและอยากที่จะเรียนรู้หาคำตอบโดยปัญหาทำให้เกิดการคิด เพราะการคิดเกิดเมื่อบุคคลเผชิญกับสถาณการณ์ที่ก่อให้เกิดปัญหา ความขัดแย้งหรือคำถามจะเกิดสภาวะความไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) ซึ่งจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้บุคคลคิดเพื่อแก้ปัญหาหรือคำตอบ เมื่อสามารถแก้ปัญหาหรือตอบคำถามนั้น ๆ ได้ บุคคลจะกลับเข้าสู่สภาวะสมดุล (Equilibrium) (สุวิทย์ มูลคำ, 2549, หน้า 11) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนต้องให้เวลานักเรียนในการสำรวจความคิดของตนเองในสิ่งที่นักเรียนเข้าใจเดิมอยู่แล้ว ซึ่งจากความไม่สมดุลทางความรู้จากขั้นที่ผ่านมาจะทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากทดลอง และอยากหาคำตอบด้วยตนเองซึ่งหน้าที่ของครูในกระบวนการนี้คือทำหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และให้เวลากับนักเรียนในการสำรวจค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งจากการจัดกิจกรรมแบบนี้จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนคงทน เพราะนักเรียนได้ลองผิดลองถูกด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องทฤษฎีการเรียนรู้ Learning by doing ของจอห์น ดิวอี้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 96) ที่กล่าวไว้ว่า ความเจริญ งอกงามทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง เป็นการจัดกิจกรรมในลักษณะกลุ่มปฏิบัติการที่เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรงจากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และฝึกทักษะการเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องนำเสนอข้อมูลหรือความคิด (Ideas) ต่างๆที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อที่ผู้เรียนจะได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน รวมทั้งลงข้อสรุปร่วมกัน ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น โดยที่ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ชัดเจนและ

เป็นการเรียนรู้ที่คงทน รวมทั้งได้สร้างกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือติดตัวผู้เรียนไปเพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้และคำตอบอื่น ๆ ที่ตนเองต้องการเรียนรู้ในโอกาสต่อไป (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 60) ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ที่กว้างขึ้น และเห็นความสำคัญของการเรียนรู้มากขึ้น ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นประเมินความเข้าใจของผู้เรียนจากสิ่งที่เรียนไปทั้งหมด โดยให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดรวม ทั้งแบบทดสอบ ทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง

ซึ่งจากผลวิจัย พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 51.58 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะฉัตร์ ชัยมาลา (2550) ที่ศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่านักเรียนร้อยละ 82.86 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละด้าน พบว่า ด้านความรู้-จำ มีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด (ร้อยละ 66.92) รองลงมาเป็นด้านความเข้าใจ (ร้อยละ 52.39) ด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 41.28) ด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ 37.50) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามจุดมุ่งหมายทางด้านพุทธิพิสัยของบลูม 6 ด้าน ที่นักเรียนจะค่อยๆ พัฒนาจากทักษะการคิดขั้นต่ำกว่า (Lower order thinking skills) ไปสู่ทักษะการคิดขั้นสูงกว่า (Higher order thinking skills) เช่น ในระดับความรู้หรือความจำเป็นทักษะง่ายสุดที่จะเป็นพื้นฐานสำหรับการคิดในระดับที่สลับซับซ้อนขึ้น (วิโรจน์ สารรัตนะ, 2556, หน้า 12) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิลา สงอาจินต์ (2551) ที่ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านความรู้-จำสูงที่สุด (ร้อยละ 34.94) รองลงมาเป็นด้านความเข้าใจ (ร้อยละ 29.02) และด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 28.85) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลชนก อินต๊ะโมงค์ (2559) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัด การเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเขียนแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านความรู้-จำ สูงที่สุด (ร้อยละ 76.62) รองลงมาเป็นด้านความเข้าใจ

(ร้อยละ 50.35) ด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ 48.63) และด้านสุดท้าย คือ ด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 45.10) ซึ่งจะพบว่า ด้านการวิเคราะห์จะสูงกว่าด้านการนำไปใช้เพียงเล็กน้อย

2. ผู้วิจัยได้นำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer) โดยแทรกเข้าไปในขั้นที่ 4 คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นวิธีการที่มีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน จากผลการวิจัย พบว่า วิธีการกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีจุดเด่น คือ มีการเอานำหลักการฟิสิกส์มาใช้อธิบายในการแก้โจทย์ปัญหา เน้นการตรวจสอบผลลัพธ์ โดยการตรวจสอบความสมเหตุของคำตอบที่ได้ การตรวจสอบหน่วย และความสมบูรณ์ของคำตอบ ซึ่งจากขั้นตอนนี้พบว่าทำให้นักเรียนเกิดทักษะในคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีระบบ โดยในขั้นตอนที่ 1 คือขั้นพิจารณาปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทราบภาพรวมของโจทย์ปัญหา โดยนักเรียนจะต้องสร้างภาพเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาแบบนามธรรมได้ วาดภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ รวมถึงนักเรียนต้องระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดทั้งที่ทราบค่าและสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ลงไปในรูปภาพ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการฟิสิกส์ คือได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา มีการระบุสูตรที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหารวมถึงมีการอธิบายหลักการฟิสิกส์มาใช้การวิเคราะห์การแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถที่จะวางแผนหรือหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อนสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนได้กระตุ้นให้นักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาบนพื้นฐานความเข้าใจหลักการฟิสิกส์มากกว่าเทคนิคทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าในกระบวนการนี้จะทำให้นักเรียนมีตรรกะในการสร้างสมการที่ซับซ้อนเพื่อเชื่อมโยงตัวแปรเป้าหมายที่ไม่ทราบค่ากับตัวแปรที่ทราบค่าได้ ซึ่งผู้เรียนจะเกิดทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์เป็นระบบในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะแตกต่างจากขั้นที่ 4 คือ ขั้นดำเนินตามแผนที่วางไว้คือขั้นที่ต้องอาศัยทักษะทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา และขั้นที่ 5 ขั้นคือ ตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นขั้นที่ตรวจสอบผลลัพธ์โดยคำนึงความสมเหตุสมของคำตอบที่ได้นั้นว่ามีความถูกต้องหรือไม่ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีตรรกะในการแก้โจทย์ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอน

ดังนั้นกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จึงมีความเหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอนและยังสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ พบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนพัฒนาการสูงขึ้นร้อยละ 71.04 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Heller, Keith, & Anderson (1991) ได้ศึกผลของการสอนวิธีแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มกับการแก้โจทย์ปัญหารายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ใช้กลวิธียุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มดีกว่านักเรียนที่แก้โจทย์ปัญหารายบุคคล และยังสอดคล้องกับ งานวิจัยของ อรชา ชูเชื้อ (2554) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเท่ากับ 76.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลร์ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูอาจจะอธิบายขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหารวมทั้งทำโจทย์เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน

1.2 ควรเพิ่มระยะเวลาในการทำวิจัยให้มากขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เวลาทั้งหมด

14 คาบ ซึ่งถ้ามีระยะเวลามากกว่าอาจจะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนได้ ดังนั้นครูสามารถนำการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไปใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่มีธรรมชาติใกล้เคียงกันได้

2.2 อาจจะทำการเปลี่ยนตัวแปรในการศึกษาเช่น เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการทำงานกลุ่ม เนื่องด้วย กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ นอกจากจะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแล้วยังสามารถฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการวิเคราะห์

2.3 อาจมีการนำการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Co-operative learning) มาใช้ร่วมการศึกษากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อศึกษาทักษะความสามารถในการแก้ปัญแบบรายกลุ่ม เพื่อศึกษาดูว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถแก้โจทย์ปัญหาหรือไม่

บรรณานุกรม

กมลชนก อินต๊ะโมงค์. (2559). *ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัด การเรียนรู้ตามวัฏจกรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเขียนแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กรมวิชาการ. (2539). *การประเมินจากสภาพจริง.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

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

คมชัดลึก. (2559). *สทศ.ประกาศผลสอบ 9 วิชาสามัญแล้ว.* เข้าถึงได้จาก http://www.komchadluek.net/news/edu-health/222051

เจนศึก โพธิศาสตร์. (2554). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมปลายโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชนาธิป พรกุล. (2545). *แคทส์: รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ชวลิต ชูกำแพง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้.* มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.* กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.* กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์.

ดวงพร ตั้งอุดมเจริญชัย. (2551). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนของโพยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.

ทนงศักดิ์ ประสบกิตติคุณ. (2559, 16 กุมภาพันธ์). อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา. สัมภาษณ์.

ทิศนา แขมมณี. (2553). *ศาสตร์และการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน* (ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการ พิมพ์.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2551). *การวิจัยปฏิบัติการ (Action research)*. อุบลราชธานี: ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป.

ปิยะฉัตร์ ชัยมาลา. (2550). *ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรรณี ประวัง (2554). *ศึกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระดานอินเทอร์แอคทีฟ.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮาส์ออฟเดอร์มิสท์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟเคอร์มีสท์.

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

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2546). *เอกสารประกอบการสอนวิชา 506713 สัมมนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอนมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

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

ภัทราพร เกษสังข์. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการ (Action research)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รศนา อัชชะกิจ. (2539). *กระบวนการแก้ปัญหาและตัดสินใจเชิงวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ราตรี นันทสุคนธ์. (2553). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (ฉบับปรับปรุง)*. กรุงเทพฯ: จุดทอง.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

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

วรนุช แหยมแสง. (2554). *การวิจัยและการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วรรณดี สุทธินรากร. (2556). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ: การวิจัยเพื่อเสรีภาพและการสรรค์สร้าง*. กรุงเทพฯ: สยามปริทัศน์.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2554). *รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด (Thinking Skills instructional models and strategies)* (พิมพ์ครั้งที่ 5). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิโรจน์ สารรัตนะ. (2556). *กระบวนทัศน์ใหม่ทางการศึกษากรณีที่ทัศนะต่อการศึกษาศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ทิพยวิสุทธิ์.

วิไลวรรณ แสนนาน, (2553). *สาระการเรียนรู้และการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วีระยุทธ ชาตะการญจน์. (2557). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอนและการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

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

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

ศิลา สงอาจินต์. (2551). *ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครูรายวิชาชีววิทยาเล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

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

สมบัติ การจนารักพงค์, เพ็ญศรี กันฟัก, จุฬาลักษณ์ ม่วงดิษฐ์ และวิมล อินทร์ประสิทธิ์. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ธารอักษร.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2555). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สิริเกศ หมัดเจริญ. (2553). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวรรณี พะประโคน. (2556). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุวิทย์ มูลคำ. (2549). *กลยุทธ์... การสอนคิดแก้ปัญหา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิมล เขี้ยวแก้ว. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตานี.

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

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

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาเชียงใหม่.

อรชา ชูเชื้อ. (2554). ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามาถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลร์*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Bybee, R.W, Taylor, J.A, Gardner, A., Scotter, P.V, Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model : origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.

Charles, R., & Lester, F. K. (1982) *Teaching problem solving what, why & how.* Dale Seymour.

Ernest T. Stringer. (2014). *Action research.* Thousand Oaks: SAGE.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model a proposed 7-e model emphasizes transfer of learning and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher. 70*(6), 56-59.

Geoffrey E. Mills. (2003). *Action Research A GUIDE FOR THE THECHER RESEARCHER*. New York: Pearson.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill Book

Gooddrich. (1997). Understanding rubrics. *Education Leadership (Teaching for Authentic Student Performance), 54*(4), 14-17.

Gagne, E. M. (1970). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston

Heller, K., & Heller, P. (2010). *Cooperative problem solving in physics A user's manual*. Retrieved from https://www.aapt.org/Conferences/newfaculty/upload/Coop-Problem-Solving-Guide.pdf

Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1991). Teaching problem solving through cooperative group, Part 1: group versus individual problem solving. *Physics Teachers*, *60*(7), 627-636.

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

Polya, G. (1957). *How to sovle it a new aspect of mathematical method.* New York: Doubleday.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทนงศักดิ์ ประสบกิตติคุณ	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา
2. อาจารย์ ดร. ทรงวุฒิ ฉิมจินดา	อาจารย์ประจำภาควิชาการฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร.คมสัน ตรีไพบูลย์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์คงศักดิ์ วัฒนะโชติ	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
5. อาจารย์ธนายุต จันทราเขต	หัวหน้าหมวดกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียน ชลราษฎรอำรุง

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ว. ๙๘ วันที่ ๑๒ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน

ด้วยว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙

ที่ ศธ ๖๒๑๘/๒๔๕ วันที่ ๓๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๖ โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ ๓-๘ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๐ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙

ที่ ศธ ๖๒๑๘/๒๔๖ วันที่ ๓๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วยว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๓ โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ ๑๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๐ ถึงวันที่ ๓ มีนาคม ๒๕๖๐ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข

- แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ชื่อ – สกุล ว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา 31202 เรื่อง ทอร์ก การเคลื่อนที่แบบหมุน และโมเมนต์ความเฉื่อย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่/ปีการศึกษา 2/2559 วันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 เวลาเรียน 4 คาบ (200 นาที)

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการรียนรู้

อธิบายทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและบอกความหมายของทอร์กได้
2. อธิบายผลทีเกิดขึ้นกับวัตถุเนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยได้
3. คำนวณหาทอร์กของการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถารณ์ให้
4. การมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน

สาระสำคัญ

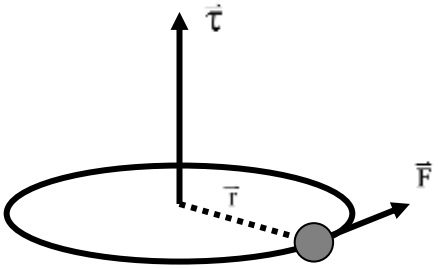
วัตถุจะเกิดการเคลื่อนที่แบบหมุนได้นั้น จะต้องมีแรงมากระทำและแนวแรงจะต้องมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลหรือจุดหมุน วัตถุนั้นก็จะมีสภาพการเคลื่อนที่แบบหมุนขึ้น เราเรียกสภาพนี้ว่า โมเมนต์ของแรง หรือ ทอร์ก โดยจะเป็นปริมาณเวกเตอร์ หาขนาดได้จากผลคูณของแรงกับระยะห่างจากแนวแรวถึงจุดหมุนในระยะตั้งฉากซึ่งกันและกัน นอกจากนี้เราจะสามารถจะทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนสภาพจากอยู่นิ่ง และหมุนอยู่แล้ว ให้มีการหมุนที่เปลี่ยนไป เราจะต้องพิจารณา

ถึง มวลของวัตถุและตำแหน่งที่กระทำต่อวัตถุ โดยปริมาณที่เกี่ยวข้องทั้งมวลและตำแหน่งที่กระทำนี้เรียกว่า โมเมนต์ของความเฉื่อย หรือสภาพต้านการหมุนของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม.(เมตร)^2

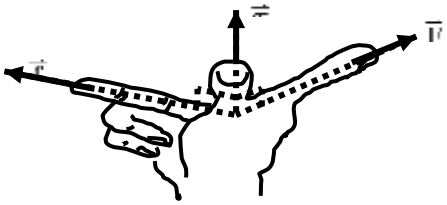
สาระการเรียนรู้

1. ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

จากความรู้เดิมในเรื่องของโมเมนต์ เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลหรือแกนหมุน ผลที่เกิดขึ้น จะมีการหมุนเกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่าเกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุนนั้น เรียกว่า ทอร์ก โดยทอร์กเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีขนาดเท่ากับ แรงคูณระยะที่ตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุนและทิศทางของทอร์กมีทิศตั้งฉากกับระนาบการหมุนดังรูป 1.



รูปที่ 1. ก ทอร์กที่กระทำต่อวัตถุ



รูปที่ 1. ข แสดงการหาทิศของทอร์ก

จากรูป 1. การหาทิศทางของทอร์ก โดยใช้มือขวาในลักษณะนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วหัวแม่มือ ตั้งฉากซึ่งกันและกัน แล้ววางนิ้วชี้ไปทางทิศของแรง ($\vec{F}$) นิ้วกลางชี้ตามแนวรัศมี ($\vec{r}$) พุ่งเข้าหาจุดหมุน จะได้ว่า นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางของทอร์ก ($\vec{\tau}$) ดังรูป 1.ข

ดังนั้น อาจกล่าวสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แบบหมุน จะเกิดการหมุนในลักษณะที่เกิด **ทอร์ก ($\vec{\tau}$)** เมื่อมีทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ (โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา ไม่เท่ากับ โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา ; $\sum \vec{M} \neq 0$ภาคผนวก ก

2. โมเมนต์ความเฉื่อย

โมเมนต์ความเฉื่อย (moment of inertia) หมายถึง คุณสมบัติในการต้านการหมุน

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1.ครูสร้างความสนใจโดยสอบถามนักเรียนด้วยประเด็น ดังนี้

- ถ้านักเรียนต้องการผลักให้รถจักยานและรถบรรทุกเคลื่อนที่ ต้องใช้แรงกับรถคันไหนมากกว่ากัน (*ถ้าเราต้องการผลักให้รถจักยานและรถบรรทุกเคลื่อนที่ การผลักให้รถบรรทุกเคลื่อนที่ต้องใช้แรงมากกว่ารถเก๋งหลายเท่า)*

- ถ้าเราต้องการผลักให้รถจักยานและรถบรรทุกหยุดเคลื่อนที่ ต้องใช้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่กับรถคันไหนมากกว่ากัน *(ถ้าเราต้องการหยุดรถจักยานกับรถบรรทุกที่กำลังวิ่งด้วยอัตราเร็วเท่ากันหารหยุดรถบรรทุกต้องใช้แรงมากกว่ารถเก่งด้วย)*

- จากการยกตัวอย่างข้างต้น อะไรเป็นสิ่งที่ต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ *(มวล ของวัตถุเป็นสิ่งที่ต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในเชิงเส้นตรง มวลมากจะต้านการเคลื่อนที่ได้มางมวลน้อยจะต้านการเคลื่อนที่ได้น้อย)*

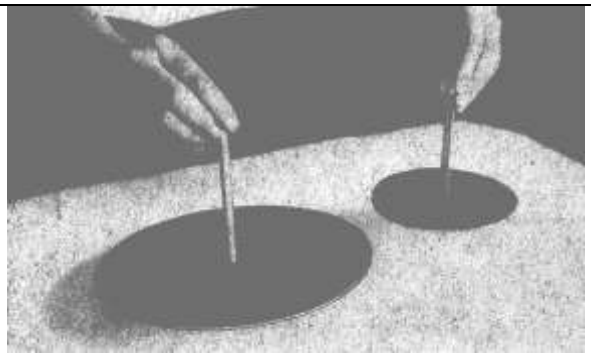
- ถ้าการเคลื่อนที่แบบหมุน นักเรียนคิดว่า อะไรจะเป็นตัวต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพของการหมุนโดยจะแตกต่างจากการเคลื่อนที่ของวัตถุในเชิงเส้นตรงหรือไม่ (ทิ้งช่วงให้นักเรียนคิด)

- แล้วครูตั้งคำถามกับนักเรียนต่อว่าถ้านักเรียนออกแรงเปิดประตูหรือหน้าต่างโดยออกแรงกระทำที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากแนวบานพับของประตูหรือหน้าต่างนักเรียนว่า ตำแหน่งที่ออกแรงผลักบานประตูหรือหน้าต่างมีผลต่อการหมุนของประตูหรือหน้าต่าง หรือไม่อย่างไร เพื่อนำไปสู่เรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละประมาณ 5-6 คน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม

2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อไปนี้ โดยครูให้นักเรียนตัดกระดาษแข็งเป็นรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. 1 แผ่น และเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. อีก 4 แผ่น ซึ่งจะได้กระดาษวงกลมใหญ่ 1 แผ่น มีพื้นที่เท่ากับกระดาษวงกลมเล็ก 4 แผ่นรวมกัน ดังนั้นแผ่นกระดาษวงกลมใหญ่ย่อมมีมวลเท่ากับมวลของแผ่นกระดาษวงกลมเล็ก 4 แผ่นรวมกัน เสียบดินสอชนิดเดียวกันที่มีขนาดของมวลเท่ากันไว้ที่จุดศูนย์กลางของกระดาษทั้งสองชุด ดังรูปที่ 1 ใช้มือบิดดินสอให้แผ่นกระดาษวงกลมทั้งสองหมุนรอบแกนดิ่ง เปรียบเทียบการต้านการหมุนของแผ่นกระดาษทั้งสอง



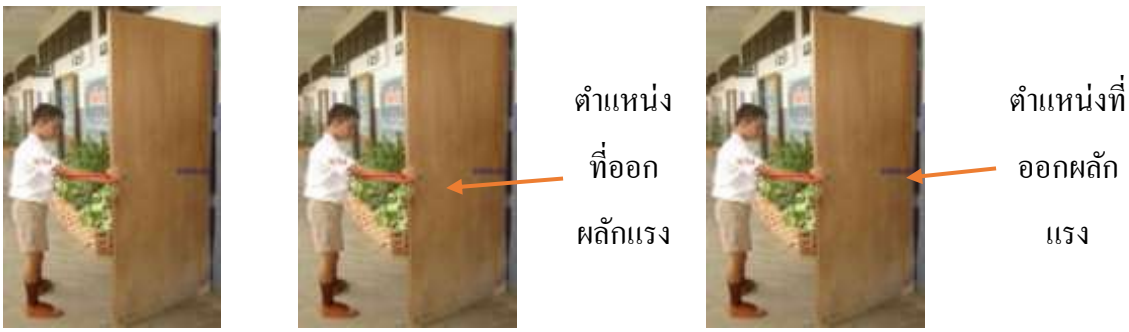
รูปที่ 1 กระดาษวงกลม 2 ชุด ที่มีดินสอเสียบที่ตรงกลาง

3. ครูถามนักเรียนจากการทำกิจกรรม ด้วยคำถาม ดังนี้

1. แผ่นกระดาษทั้งสองด้านการหมุนต่างกันหรือไม่อย่างไร (กระดาษวงกลมใหญ่ด้านการหมุนมากกว่ากระดาษวงกลมเล็ก และเนื่องจากกระดาษวงกลมทั้งสองชุดมีมวลเท่ากัน จะต่างกันที่การกระจายมวล)

2. มวลอย่างเดียวเพียงพอที่จะบอกสมบัติด้านการเปลี่ยนสภาพการหมุนหรือไม่ (ไม่เพียงพอ การกระจายมวลของวัตถุยังมีผลต่อสมบัติด้านการเปลี่ยนสภาพการหมุน)

4. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อเพื่อให้ศึกษาเรื่อง ทอร์กของการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำการออกออกแรงเปิดประตูหรือหน้าต่างโดยออกแรงกระทำที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากแนวบานพับของประตูหรือหน้าต่างดังรูปแล้วครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า ตำแหน่งที่ออกแรงผลักบานประตูหรือหน้าต่างมีผลต่อการหมุนของประตูหรือหน้าต่าง หรือไม่อย่างไร



รูปที่ 2 การออกแรงผลักประตูที่ตำแหน่งต่างๆ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase)

3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อลงข้อสรุป ร่วมกันโดยครูสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยครูใช้ คำถามต่อไปนี้

- สมบัติของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการหมุน เรียกว่าอะไร *(โมเมนต์ความเฉื่อย)*

- โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นปริมาณของการหมุน ที่ทำหน้าที่เทียบได้กับปริมาณใดของการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง *(มวลของวัตถุ)*

- ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุขึ้นอยู่กับสิ่งใด *(มวล, การกระจายมวล, ตำแหน่งของแกนหมุน, รูปร่าง)*

- ทอร์กเป็นปริมาณของการหมุน ที่ทำหน้าที่เทียบได้กับปริมาณใดของการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง *(แรง)*

- ทอร์กเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศอย่างไร (ตั้งฉากกับระนาบการหมุน และ ขนานกับแกนหมุน)

- เมื่อกำมือขวาโดยให้นิ้วชี้ชี้ไปตามทิศของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ตั้งฉากกับนิ้วกลางที่ชี้เข้าหาจุดหมุน และตั้งฉากนิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปตามทิศของปริมาณใด (ทอร์ก)

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแล้วลงข้อสรุปว่า วัตถุใดๆ ที่มีมวลเท่ากัน แต่การกระจายมวลต่างกัน จะต้านการเปลี่ยนสภาพการหมุนต่างกัน นั่นคือ วัตถุนั้นมีค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ต่างกันด้วย

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)

4.1 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และแสดงวิธีการแก้ปัญหาโจทย์ตัวอย่างตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นพิจารณาปัญหา
2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

4.2 ครูให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามวิธีวิธีการแก้ปัญหาโจทย์ตัวอย่างตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอนจากในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

5. ขั้นประเมิน

5.1 ประเมินจากการถามตอบในชั้นเรียน

5.2 ประเมินโดยครูให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน

5.3 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร (วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

5.4 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สื่อ/ อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. จากเอกสารประกอบการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และปริมาณที่เกี่ยวข้อง
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
3. แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร (วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)
4. กระดาษวงกลม 2 ชุดที่มีดินสอเสียบตรงกลาง/ท่อโลหะ

การวัดและประเมินผล (ด้านความรู้ ด้านกระบวนการ ด้านคุณลักษณะ)

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
ด้านความรู้ (Knowledge)			
1.อธิบายและบอกความหมายของทอร์กได้ 2.อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์ก เวกเตอร์บอกตำแหน่งและแรงที่กระทำต่อวัตถุได้สมการ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ 3. อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้ตามสมการ $\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$	- ข้อคำถาม - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	-การตอบคำถามและการอภิปรายในชั้นเรียน - ตรวจแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร (วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)	- นักเรียนในห้องร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง - ตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
ด้านทักษะกระบวนการ (Process)			
4.คำนวณหาทอร์กของการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถารณ์ให้	นักเรียนทำแบบฝึกหัดจาก แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์	- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	- ตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
	และเฮลเลอร์		
ด้านคุณลักษณะ(Attribute)			
1. นักเรียนใฝ่เรียนรู้ 2. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	-สังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน	-แบบสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	-นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

แบบสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตรงกับระดับคะแนน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	รายการที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
		4	3	2	1
1. ใฝ่เรียนรู้	ให้ความร่วมมือและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				
2. มุ่งมั่นในการทำงาน	มีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างซื่อสัตย์				
	มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อทำงานให้สำเร็จ				
รวมคะแนน					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(ว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต)

เกณฑ์การให้คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ	ให้	4	คะแนน
ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง	ให้	3	คะแนน
ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง	ให้	2	คะแนน
ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง	ให้	1	คะแนน

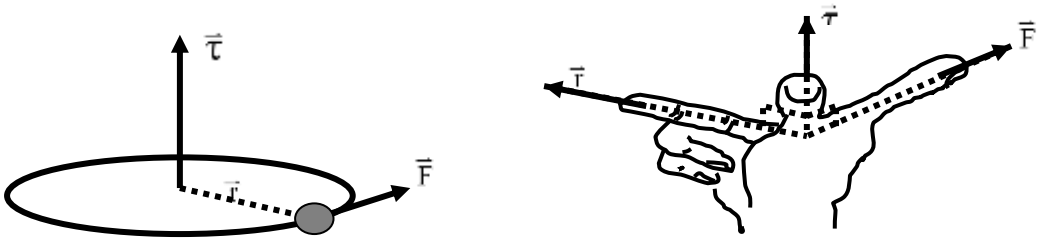
เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 – 12	ดีมาก
7 - 9	ดี
4 – 6	พอใช้
ต่ำกว่า 4	ปรับปรุง

รายวิชา ฟิสิกส์	เอกสารประกอบการเรียน	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
รหัสวิชา ว 31202		
เรื่อง ทอร์ก การเคลื่อนที่แบบหมุน และโมเมนต์ความเฉื่อย		

ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

จากความรู้เดิมในเรื่องของโมเมนต์ เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลหรือแกนหมุน ผลที่เกิดขึ้น จะมีการหมุนเกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่าเกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุนนั้น เรียกว่า ทอร์ก โดยทอร์กเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีขนาดเท่ากับ แรงคูณระยะที่ตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุนและทิศทางของทอร์กมีทิศตั้งฉากกับระนาบการหมุนดังภาพ 1.



ก ทอร์กที่กระทำต่อวัตถุ ข แสดงการหาทิศของทอร์ก

ภาพที่ 1 การหาทิศทางของทอร์ก

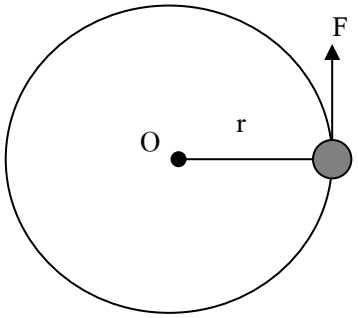
จากภาพที่ 1. การหาทิศทางของทอร์ก โดยใช้มือขวาในลักษณะนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วหัวแม่มือ ตั้งฉากซึ่งกันและกัน แล้ววางนิ้วชี้ไปทางทิศของแรง ($\vec{F}$) นิ้วกลางชี้ตามแนวรัศมี ($\vec{r}$) พุ่งเข้าหาจุดหมุน จะได้ว่า นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางของทอร์ก ($\vec{\tau}$) ดังภาพ 1.ข

ดังนั้น อาจกล่าวสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แบบหมุน จะเกิดการหมุนในลักษณะที่เกิดทอร์ก ($\vec{\tau}$) เมื่อมีทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ (โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา ไม่เท่ากับ โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา ; $\sum \vec{M} \neq 0$

การหาทอร์ก

ในการศึกษาเรื่องการหมุนของวัตถุเมื่อมีทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ ผลที่เกิดขึ้นวัตถุจะหมุนในลักษณะการเปลี่ยนสภาพการหมุนที่มีความเร่งเชิงมุม ตามทิศของทอร์ก มีลักษณะเดียวกับการขันน็อตและคายน็อตในที่นี้เราจะเริ่มศึกษาหา ทอร์ก ที่เกิดขึ้นจากการหมุนแบบง่ายๆ เช่น

เมื่อมีมวล m ติดอยู่กับปลายแท่งวัตถุเล็กๆเบาๆ ยาว r โดยปลายอีกข้างหนึ่งตรึงอยู่กับจุด O บนพื้นซึ่งปราศจากแรงเสียดทาน เมื่อมีแรง F มากระทำต่อมวล m ในทิศตั้งฉากกับแท่งวัตถุเล็กๆ ตลอดเวลา โดยแนวแรง F สัมผัสกับแนววงกลมหรือตั้งฉากกับรัศมี r ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2. แสดงแรงกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดทอร์ก

สูตรในการคำนวณหาทอร์กที่เกิดขึ้น

ทอร์ก = แรง✕ระยะที่ตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

จากการเคลื่อนที่แบบวงกลม ความสัมพันธ์ของปริมาณการเคลื่อนที่เชิงเส้นและการเคลื่อนที่เชิงมุมคือ

$$v = \omega r$$

จากสมการ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเชิงมุมกับความเร่งเชิงเส้นจะได้

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t}\right) r$$

แทนค่า $\frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \alpha$ ได้

$$a_t = \alpha r$$

เมื่อ a_t คือ ความเร่งเชิงเส้น มีหน่วย เมตรต่อวินาที^{2} ทำให้ขนาดของความเร็วเปลี่ยน และจากกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน $F = ma_t$ นำค่า a_t จากสมการ แทนในสมการจะได้

$$\tau = rm\alpha r$$

$$\tau = (mr^2)\alpha$$

เรียก mr^2 ว่าโมเมนต์ความเฉื่อย(moment of inertia) ของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร^2($kg\ m^2$)ใช้สัญลักษณ์ I คือ

$$I = mr^2$$

แทน I ในสมการจะได้

$$\tau = I\alpha$$

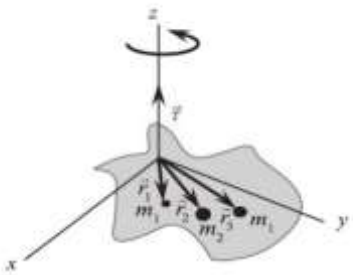
จากสมาการ เขียนความสัมพันธ์แบบเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$$

จากสมการที่ได้พบว่า ทอร์ก (τ) และ ความเร่งเชิงมุม (α) มีทิศทางเดียวกัน

ในกรณีวัตถุหมุนเป็นชิ้นมวลขนาดใหญ่ และทำการแบ่งมวลเป็นหลายๆชิ้น ดังภาพที่ 3 จะได้ว่า (α) ของมวลทุกชิ้นเท่ากัน เนื่องจากหมุนไปพร้อมกันและแกนหมุนตรึง โมเมนต์ความยเฉื่อยรวม I จะเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลทุกชิ้น เช่น ในกรณีวัตถุประกอบด้วยมวล 3 ชิ้นจะได้

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^3$$



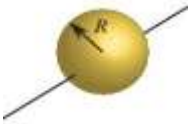
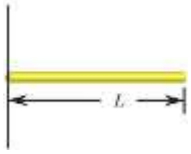
ภาพที่ 3โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลสามชิ้น

ในกรณีที่มีมวล n ชิ้นจะได้โมเมนต์ความเฉื่อยรวมดังนี้

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 \ldots . + m_nr_n^2$$

โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia)

โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปต่างๆ รอบแกนสมมาตร

รูปร่างวัตถุ	**แกนหมุน**	**รูป**	**โมเมนต์ความเฉื่อย *I***
ทรงกลมตัน มวล m รัศมี R	รอบแกน ผ่านจุดศูนย์กลางมวล		$I = \frac{2}{5}mR^2$
ทรงกลมกลวง มวล m รัศมี R	รอบแกน ผ่านจุดศูนย์กลางมวล		$I = \frac{2}{3}mR^2$
ทรงกระบอกตัน มวล m รัศมี R ยาว L	รอบแกน ของทรงกระบอก		$I = \frac{1}{2}mR^2$
แท่งวัตถุเล็ก มวล m ยาว L	รอบแกนหมุนผ่าน ปลาย ตั้งฉากกับแท่นวัตถุ		$I = \frac{1}{3}mL^2$

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในกรแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา	ระดับคะแนน
ด้านการพิจารณาปัญหา (Focus the problem)	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ตัวแปรที่โจทย์ต้องการและสร้างแผนภาพได้	0
ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์(Describe the physics)	- สามารถเขียนปริมาณต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	2
	- สามารถเขียนปริมาณต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงหรือสามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนปริมาณต่างๆที่โจทย์กำหนดให้ลงในแผนภาพได้และไม่สามารถระบุสูตรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง	0
ด้านการวางแผน (Plan the solution)	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่างๆได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	2
	- สามารถเขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่างๆได้อย่างถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ไม่สามารถเขียนรูปสมการ ตามจำนวณที่ต้องใช้	0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในกรแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (ต่อ)

รายการประเมิน	ลักษณะคำตอบ	คะแนน
	แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้	
ด้านการดำเนินการตามแผน (Execute the plan)	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้และสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง	2
	- สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขในสูตรสมการได้หรือสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	1
	- ไม่แสดงผลใดๆ เลย	0
ด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมาการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	2
	- สามารถเขียนสูตร สมการเพื่อตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขหรือหน่วยของตัวแปรในสูตรสมาการได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ	1
	- ไม่สามารถแสดงผลการตรวจสอบได้	0

ตัวอย่าง แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร (ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

ชื่อ……ชั้น……เลขที่……..กลุ่มที่……

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

โจทย์ใช้ตอบคำถามข้อ 1 – 3 ล้อรถจักรยานคันหนึ่งเส้นผ่านศูยน์กลาง 20 เซนติเมตร เริ่มหมุนจากหยุดนิ่ง จนมีความเร็วเชิงมุมคงตัว 60 เรเดียนต่อวินาที ในเวลา 5 วินาที

1. จงหาความเร่งเชิงมุมของล้อรถจักรยานคันนี้ กี่เรเดียนต่อวินาที^{2}

   ก. 8 ข. 12 ค. 8 ง. 12

2. ล้อรถหมุนไปได้คิดเป็นกี่เรเดียน

   ก. 150 ข. 250 ค. 300 ง. 400

3. รถจักรยานคันนี้เคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่เมตร

   ก. 5 ข. 10 ค. 15 ง. 20

4. มวล 2 กิโลกรัม ผูกด้วยเชือกยาวที่พันอยู่กับรอกมวล 6 กิโลกรัม รัศมี 10 เซนติเมตร เมื่อปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมา 8 เมตร จงหาการกระจัดเชิงมุมเป็นกี่เรเดียน

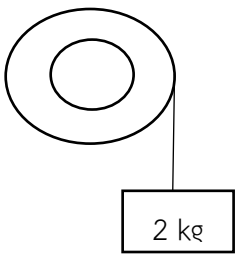
   (กำหนดให้โมเมนต์ความเฉื่อยเท่ากับ $I = \frac{1}{2}mr^2$)

   ก. 50

   ข. 60

   ค. 70

   ง. 80



5. จากข้อที่ผ่านมาจงหาความเร็วเชิงมุมของรอกเป็นกี่เรเดียนต่อวินาที

   ก. 50 ข. 60

   ค. 70 ง. 80

<u>เฉลย</u>

1) ง. 2) ก. 3) ค. 4) ง.

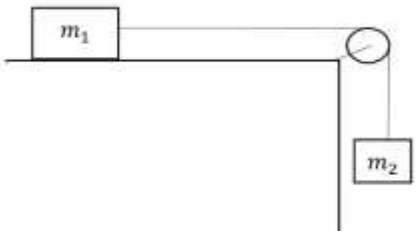
5) ง.

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
เรื่อง ทอร์ก การเคลื่อนที่แบบหมุน และโมเมนต์ความเฉื่อย

ชื่อ……ชั้น……เลขที่……..กลุ่มที่……

<u>คำชี้แจง</u> จงแสดงวิธีทำให้ถูกต้องตามขั้นตอนของวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

1. มวล m_1 และ m_2 ขนาด 10 และ 20 กิโลกรัมตามลำดับ ผูกต่อกันด้วยเชือกเบาคล้องผ่านรอกที่มีรัศมี 0.25 เมตร พบว่ามวล m_1 เคลื่อนที่ตามพื้นราบเกลี้ยงด้วยความเร่ง 4 เมตรต่อวินาที^{2} โมเมนต์ความเฉื่อยของรอกมีค่ากี่กิโลกรัม.เมตร^2



ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา(Focus on the problem)

1. สร้างภาพและระบุปริมาณต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้รวมถึงตัวแปรที่โจทย์ต้องการ

……
……
……
……
……

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)

2.เขียนปริมาณต่างๆที่โจทย์กำหนดมาลงในแผนภาพอย่างสมบูรณ์

……
……
……
……

3. สูตรที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา

…….....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา
(Plan a solution)

4. เขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่างๆ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 4 ดำเนินตามแผนที่วางไว้
(Execute your Plan)

5. แสดงวิธีการคำตอบ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์
(Evaluate Your Solution)

6.แสดงวิธีการตรวจสอบ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

โชคดีครับ!!!

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากฎการเคลื่อนที่ พลังงานและโมเมนตัม รายวิชา ว 31202 ชั้นมัธยมศึกษาปรที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว กำหนดให้ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก g = 10

1. ข้อใดต่อไปนี้กล่าว***<u>ไม่ถูกต้อง</u>*** เกี่ยวกับการกระจัดเชิงมุม

   ก.เป็นปริมาณเวกเตอร์

   ข.มุมที่วัตถุกวาดไปได้ทั้งหมด

   ค.ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

   ง.ไม่มีข้อถูก

2. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

   ก.การเคลื่อนที่แบบหมุนทั้งความเร็วเชิงมุมและความเร็วเชิงเส้นคงที่

   ข.การเคลื่อนที่แบบหมุนความเร็วเชิงมุมคงที่แต่ความเร็วเชิงเส้นไม่คงที่

   ค.การเคลื่อนที่แบบหมุนทั้งความเร็วเชิงมุมและความเร็วเชิงเส้นต่างไม่คงที่

   ง. ไม่มีข้อใดถูก

3. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

   1. เมื่อมีทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะเกิดการหมุน
   2. เคลวินออกแรงกระทำต่อวัตถุโดยไม่ผ่านศูนย์กลางมวลจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบหมุนพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการเลื่อน
   3. ข้าวกล้าออกแรงกระทำต่อวัตถุโดยผ่านศูนย์กลางมวลจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อนเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการหมุน

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ข้อ 1 และ 2 **ข. ข้อ 1 และ 3**

ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ถูกทุกข้อ

4. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. การกระจัดเชิงมุมและความเร็วเชิงมุม เป็นปริมาณเวกเตอร์ สามารถหาทิศทางได้จากกฎมือขวา

ข. การกระจัดเชิงมุมและความเร็วเชิงมุมมีทิศทางต่างกัน

ค. เมื่อกำมือขวากำแกนหมุนแล้วให้นิ้วทั้งสี่วนตามการเคลื่อนที่ นิ้วหัวแม่มือจะชี้บอกทิศทางของการกระจัดเชิงมุม ความเร็วเชิงมุม

ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 เพียงข้อเดียว

ค. ข้อ 1 และ 3 ง. ถูกทุกข้อ

5. ล้อจักรยานอันหนึ่งหมุนด้วยความเร่งเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที^{2} เริ่มหมุนจากหยุดนิ่งเป็นเวลา 3 วินาทีจงหา ความเร็วเชิงมุมในขณะนั้นในหน่วยเรเดียน/วินาที (ด้านความรู้ความจำ)

ก. 5 เรเดียน/วินาที **ข. 6 เรเดียน/วินาที**

ค. 7 เรเดียน/วินาที ง. 8 เรเดียน/วินาที

6. ล้อหลังของรถมอเตอร์ไซค์เริ่มหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 5 เรเดียน/วินาที ด้วยความเร่งเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที^{2} จงหาความเร็วเชิงมุมของล้อ เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที

ก. 7 เรเดียน/วินาที ข. 10 เรเดียน/วินาที

ค. 13 เรเดียน/วินาที ง. 14 เรเดียน/วินาที

7. ชายคนหนึ่งขี่จักรยานไปตามถนนตรงจากหยุดนิ่ง ถ้าล้อรถจักรยานของเขามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตรและเคลื่อนที่ไปด้วยความเร่งเชิงมุม 1 เรเดียน/วินาที^{2} ในเวลา 10 วินาทีเขาจะขี่จักรยานได้ระยะทางกี่เมตร

ก. 50 เมตร ข. 100 เมตร

ค. 150เมตร **ง. 250 เมตร**

8. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. การเปลี่ยนสภาพการหมุนจะขึ้นอยู่กับทอร์กแบบแปรผันตรง เมื่อโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุคงตัว

ข. การเปลี่ยนสภาพการหมุน จะขึ้นอยู่กับ โมเมนต์ความเฉื่อย ของวัตถุ แบบแปรผกผันเมื่อทอร์กของวัตถุคงตัว

ค. ถ้าทอร์ก ที่มากระทำต่อวัตถุมีค่ามาก ผลจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพการหมุนได้น้อย

ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ถูกทุกข้อ

9. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับทอร์ก

1. ทอร์ก คือ ความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหรือจุดหมุน

2. ทอร์ก หาได้จาก ขนาดของแรงคูณระยะทางที่ตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

3. ทอร์ก เป็นปริมาณเวกเตอร์

ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3 **ง. ถูกทุกข้อ**

10. เด็กชายคนหนึ่งปล่อยวัตถุ ทรงกลมตัน ทรงกระบอกตันและทรงกระบอกกลวง ที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอโดยให้วัตถุทั้งสามกลิ้งลงมาตามพื้นเอียงโดยไม่ไถลพร้อมกัน วัตถุใดจะถึงพื้นเป็นอันดับสุดท้าย (กำหนดให้ วัตถุมวล M และรัศมี R ของวัตถุทั้งสามเท่ากัน)

ก.ทรงกลมตัน **ข. ทรงกระบอกกลวง**

ค.ทรงกระบอกตัน ง. ถึงพื้นพร้อมกัน

11. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ถ้าวัตถุมีโมเมนต์ความเฉื่อยมาก ก็จะทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนสภาพของการหมุนเดิมได้ง่าย และถ้าวัตถุนั้น มีโมเมนต์ความเฉื่อยน้อยก็จะทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนสภาพของการหมุนเดิมได้ยาก

ข. สมบัติของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการหมุน เรียกว่า โมเมนต์ความเฉื่อย

ค. โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นปริมาณสเกลาร์

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ถูกทุกข้อ

12. วัตถุทรงกลมอันหนึ่งกำลังกลิ้งด้วยขนาดทอร์ก 10 นิวตัน.เมตร ด้วยความเร่งเชิงมุม 5 เรเดียน/วินาที^{2} จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุทรงกลมนี้ในหน่วย กิโลกรัม.เมตร^2

ก. 0.2 กิโลกรัม.เมตร^2 ข. 0.5 กิโลกรัม.เมตร^2

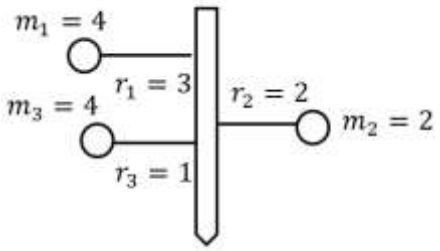
ค. 2 กิโลกรัม.เมตร^2 ง. 5 กิโลกรัม.เมตร^2

13. วงล้อวงหนึ่งมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุน 100 กิโลกรัม.เมตร^2 จงหาทอร์กที่ทำให้วงล้อนี้มีความเร่งเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที^{2}

ก. 100 นิวตัน.เมตร ข. 150 นิวตัน.เมตร

ค. 200 นิวตัน.เมตร ง. 250 นิวตัน.เมตร

14. จากรูปมวล 3 ก้อน เคลื่อนที่รอบแกนหมุนเดียวกันพร้อมกัน จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุนนี้



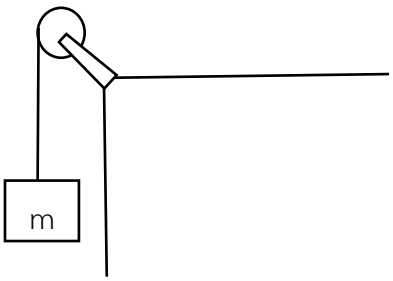
ก. 38 กิโลกรัม.เมตร^2

ข. 48 กิโลกรัม.เมตร^2

ค. 58 กิโลกรัม.เมตร^2

ง. 68 กิโลกรัม.เมตร^2

15. วัตถุมวล m ซึ่งมีค่า 50 kg ผูกติดกับเชือกเบา ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกคล้องกับแผ่นกลมรัศมี 0.1 เมตร ทำให้แผ่นกลมหมุนด้วยอัตราเร่งคงที่ โดยที่มีโมเมนต์ความเฉื่อย 0.5 กิโลกรัม.เมตร^2 ดังรูป จงหาอัตราเร่งเชิงมุมของแผ่นกลมนี้



ก. 0.4 เรเดียน/วินาที^{2} ข. 4 เรเดียน/วินาที^{2}

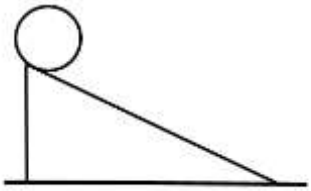
ค. 0.5 เรเดียน/วินาที^{2} **ง. 5 เรเดียน/วินาที^{2}**

16. ทรงกระบอกกลวงมวล 10 กิโลกรัม รัศมี 50 เซนติเมตร กลิ้งรอบแกนตัวเองด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน/วินาที จงหาพลังงานจลน์ของทรงกระบอก (โมเมนต์ความเฉื่อยมีค่า mr^2)

ก. 100 จูล ข. 125 จูล

ค. 200 จูล **ง. 250 จูล**

17. ทรงกระบอกกลมมวล 1 กิโลกรัม รัศมี 0.1 เมตร มีโมเมนต์ความเฉื่อย 0.01 กิโลกรัม.เมตร^2 เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งลงมาตามพื้นเอียงดังรูป ที่ระดับความสูงในแนวดิ่ง 5 เมตร จงหาความเร็วของทรงกระบอกกลมเมื่อเคลื่อนที่ถึงพื้นล่าง เมื่อเคลื่อนที่แบบไถล



ก. 5 เมตร/วินาที ข. 7 เมตร/วินาที

ค. 10 เมตร/วินาที ง. 15 เมตร/วินาที

18. พชรเหวี่ยงวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่ ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

ก. โมเมนตัมเชิงมุมและโมเมนตัมเชิงเส้นต่างก็มีค่าคงที่

ข. โมเมนตัมเชิงมุมและโมเมนตัมเชิงเส้นไม่คงที่

ค. โมเมนตัมเชิงมุมไม่คงที่แต่โมเมนตัมเชิงเส้นมีค่าคงที่

ง.โมเมนตัมเชิงมุมมีค่าคงที่แต่โมเมนตัมเชิงเส้นมีค่าไม่คงที่

19. เด็กชายแดงเหวี่ยงวัตถุมวล 200 กิโลกรัม ด้วยเชือกยาว 1 เมตร ให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับ ขณะมีความเร็วเชิงมุม 20 เรเดียน/วินาที จงหาโมเมนตัมเชิงมุมขณะนั้น

ก. 2 กิโลกรัม.เมตร^2 ข. 3 กิโลกรัม.เมตร^2

ค. 4 กิโลกรัม.เมตร^2 ง. 5 กิโลกรัม.เมตร^2

20. เคนวินยืนอยู่บนแป้นหมุน ในขณะที่เหยียดแขนออกเขาหมุนด้วยอัตราเร็ว 0.3 รอบ/วินาที แต่เมื่อเขาหุบแขนเข้าข้างตัว อัตราเร็วเปลี่ยนเป็น 0.6 รอบ/วินาที จงหาอัตราส่วนของโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบขณะเหยียดแขนออกต่อขณะหุบแขนเข้าข้างลำตัว

ก. 2 ข. 3

ค. 4 ง. 5

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
- ตารางแสดงคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตารางภาคผนวก ค-1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และปริมาณที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	4	3	5	4	4.2	0.7	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.6	0.4	มากที่สุด
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	4	4	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
5. สาระสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	4.6	0.4	มากที่สุด
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.8	0.5	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	4	4	4	0	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	3	5	5	4.8	0.9	มากที่สุด
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	4.4	0	มากที่สุด
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.4	0.5	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4	5	5	4.8	0.5	มากที่สุด
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.4	0.4	มาก
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์								
11.1 ความเหมาะสม	5	5	4	4	5	4.8	0.5	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้	4	5	4	4	5	4.4	0.5	มาก
1.1 ความถูกต้อง								
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	4	4	5	5	4.4	0.5	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	4	4	4	4	4.0	0.2	มาก
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.2	0.4	มาก
5. สาระสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	3	4	4.0	0.7	มาก
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	3	4	4.4	0.9	มาก
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	5	4	3	4.0	0.7	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	5	5	4	4.2	0.8	มาก

ตารางภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	5	4	5	4	4.2	0.4	มาก
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	5	4	4	3.8	0.8	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	5	5	4	4	4.2	0.5	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.6	0.8	มากที่สุด
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	5	3	5	4.2	0.5	มาก
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์								
11.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.4	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
1.1 ความถูกต้อง								
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2.1 ความถูกต้อง								
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
3.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	5	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
5. สาระสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	3	5	5	4	4	4.2	0.8	มาก
5.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
6. เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	3	4	4	2	4	3.4	0.9	ปานกลาง

ตารางภาคผนวก ค-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	4	4	4.6	0.5	มากที่สุด
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.0	0	มากที่สุด
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	3	5	4.4	0.9	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.8	0.4	มากที่สุด
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	4	5	4	5	4	4.4	0.5	มาก

ตารางภาคผนวก ค-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	4	4	4	4	4	0	มาก
3.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	3	5	4	5	4.2	0.8	มาก
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
5. สาระสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
5.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	3	4	4	3.8	0.4	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	4	3	4	4.2	0.5	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	5	5	3	4	4	1	มาก
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4	4	4.4	0.5	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	5	4	4	3	4	0.7	มาก
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์								
11.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน
เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม

ตารางภาคผนวก ค-5 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		(*R*/N)
1	1	1	0	1	1	5	0.8
2	1	0	1	1	1	5	0.8
3	1	1	0	1	1	5	0.8
4	1	1	-1	1	1	5	0.6
5	1	1	0	1	1	5	0.8
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	0	1	5	0.8
8	1	1	1	0	1	5	0.8
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1
11	1	1	1	0	1	5	0.8
12	1	1	1	1	0	5	0.8
13	1	1	1	0	1	5	0.8
14	1	0	0	1	1	5	0.6
15	1	1	1	1	1	5	1
16	1	1	1	0	1	5	0.8
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	0	1	0	1	5	0.6
19	1	0	1	1	1	5	0.8
20	0	1	1	1	0	5	0.6
21	0	1	1	1	1	5	1
22	0	1	0	1	1	5	0.6

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		(*R*/N)
23	1	1	1	1	1	5	1
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	0	0	1	5	0.6
26	1	1	1	1	1	5	1
27	0	1	1	1	1	5	0.8
28	1	0	1	1	1	5	0.8
29	1	1	1	1	1	5	1
30	1	1	0	1	1	5	0.8
31	1	1	1	1	1	5	1
32	1	1	1	0	1	5	0.8
33	1	1	1	1	1	5	1
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	0	1	5	0.8
36	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	1	5	1
38	1	1	1	1	1	5	1
39	1	0	1	1	1	5	0.8
40	1	1	1	1	1	5	1

วิเคราะค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

ตารางภาคผนวก ค-6 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.44	0.44	ใช้ได้	1	21	0.41	0.78	ใช้ได้	10
2	0.59	0.59	ใช้ได้	2	22	0.44	0.22	ใช้ได้	11
3	0.30	0.44	ใช้ได้	3	23	0.44	0	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	0.37	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	24	0.22	0.67	ใช้ได้	12
5	0.33	-0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	25	0.22	0.22	ใช้ได้	13
6	0.59	0.22	ใช้ได้	4	26	0.11	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	0.41	0.78	ใช้ได้	5	27	0.07	0	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
8	0.26	0.33	ใช้ได้	6	28	0.37	0.22	ใช้ได้	14
9	0.22	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	0.33	0.33	ใช้ได้	15
10	0.33	0.33	ใช้ได้	7	30	0.33	0.33	ใช้ได้	16
11	0.04	-0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	31	0.48	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
12	0.33	-0.33	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	32	0.37	0.44	ใช้ได้	17
13	0.15	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	33	0.33	0.89	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
14	0.30	0.44	ใช้ได้	8	34	0.22	0.22	ใช้ได้	18
15	0.15	-0.44	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	35	0.30	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
16	0.15	0	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	36	0.22	0.44	ใช้ได้	19
17	0.07	0	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	37	0.26	-0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
18	0.41	-0.33	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	38	0.48	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
19	0.41	0.56	ใช้ได้	9	39	0.48	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
20	0.33	-0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	0.33	0.33	ใช้ได้	20

จากตารางวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.75

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

ตารางภาคผนวก ค-7 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

จุดประสงค์การเรียนรู้	**ข้อที่**	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					***R***	**IOC**
		คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		**(*R*/N)**
1-6	1	1	0	1	1	1	5	0.8
	2	1	1	1	1	1	5	1
	3	1	1	0	1	1	5	0.8
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
7-11	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	0	1	1	1	1	5	0.80
12-15	8	1	1	0	1	0	5	0.6
	9	1	1	1	1	1	5	1
	10	1	1	1	1	0	5	0.8

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ตารางภาคผนวก ค-8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.67	0.28	ใช้ได้	1
2	0.67	0.38	ใช้ได้	2
3	0.53	0.52	ใช้ได้	3
4	0.51	0.22	ใช้ได้	-
5	0.58	0.24	ใช้ได้	-
6	0.55	0.35	ใช้ได้	4
7	0.41	0.23	ใช้ได้	-
8	0.51	0.35	ใช้ได้	-
9	0.45	0.35	ใช้ได้	-
10	0.51	0.57	ใช้ได้	5

จากตารางวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้สูตร การหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบัคได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.82

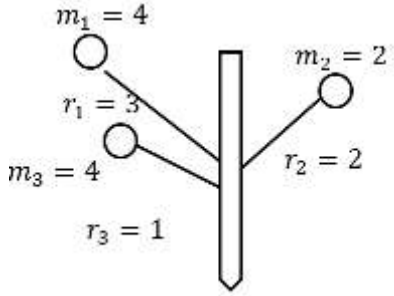
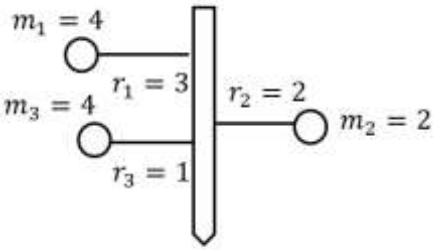
ตารางภาคผนวก ค-9 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	ล้อหลังของรถมอเตอร์ไซค์เริ่มหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 5 เรเดียน/วินาที ด้วยความเร่งเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที^{2} จงหาความเร็วเชิงมุมของล้อมีค่าเท่าใด เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที	ล้อหลังของรถมอเตอร์ไซค์เริ่มหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 5 เรเดียน/วินาที ด้วยความเร่งเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที^{2} จงหาความเร็วเชิงมุมของล้อเมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	รถมอเตอร์ไซค์คันหนึ่งล้อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร แต่เจ้าของต้องการเปลี่ยนเป็นล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ขณะที่เจ้าของขี่รถมอเตอร์ไซค์ที่เปลี่ยนล้อใหม่ วัดความเร็วได้ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาความเร็วของรถมอเตอร์ไซค์ขณะที่ใช้ล้อเดิมจะเป็นเท่าใด(ในหน่วยกิโลเมตร/ชั่วโมง) ขณะที่เร่งเครื่องยนต์เท่าเดิม	รถมอเตอร์ไซค์ของนายวินล้อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร แต่นายวินงต้องการเปลี่ยนเป็นล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ขณะที่นายวินขี่รถมอเตอร์ไซค์ที่เปลี่ยนล้อใหม่ วัดความเร็วได้ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้านายวินเร่งเครื่องยนต์เท่าเดิมความเร็วของรถมอเตอร์ไซต์ขณะนั้นใช้ล้อเดิมมีค่าเท่าใด

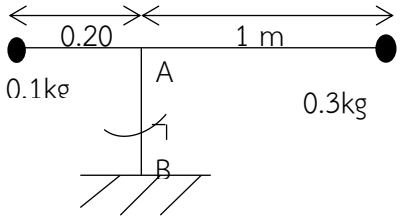
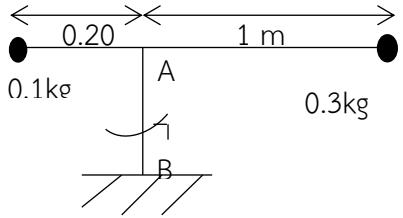
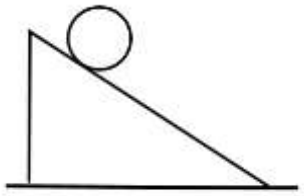
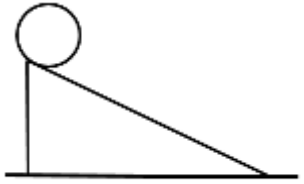
ตารางภาคผนวก ค-9 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	ชายคนหนึ่งขี่จักรยานไปตามถนนตรงจากหยุดนิ่ง ถ้าล้อรถจักรยานของเขามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตรและเคลื่อนที่ไปด้วยความเร่งเชิงมุม 1 เรเดียน/วินาที^{2} เขาจะขี่จักรยานได้ระยะทางกี่เมตรในเวลา 10 วินาที	ชายคนหนึ่งขี่จักรยานไปตามถนนตรงจากหยุดนิ่ง ถ้าล้อรถจักรยานของเขามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตรและเคลื่อนที่ไปด้วยความเร่งเชิงมุม 1 เรเดียน/วินาที^{2} ในเวลา 10 วินาทีเขาจะขี่จักรยานได้ระยะทางกี่เมตร
-ควรเรียงตัวเลือกจากข้อความสั้น- ไป หรือ จาก ยาว-สั้น	ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถึงโมเมนต์ความเฉื่อยได้ถูกต้อง ก. สมบัติของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนแปลงการหมุน ข. เป็นปริมาณเวกเตอร์ ค. มีหน่วยเป็นกิโลกรัม.เมตรต่อวินาที^{2} ง. นาย A กล่าวว่าวัตถุที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยมากวัตถุนั้นจะสามารถรักษาสภาพการหมุนเดิมได้น้อย	ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถึงโมเมนต์ความเฉื่อยได้ถูกต้อง ก. เป็นปริมาณเวกเตอร์ ข. มีหน่วยเป็นกิโลกรัม.เมตรต่อวินาที^{2} ค. สมบัติของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนแปลงการหมุน ง. นาย A กล่าวว่าวัตถุที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยมากวัตถุนั้นจะสามารถรักษาสภาพการหมุนเดิมได้น้อย

ตารางภาคผนวก ค-9 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับจากก้านของวัตถุให้ตรง		
- บอกโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุด้วย	ทรงกระบอกกลวงมวล 10 กิโลกรัม รัศมี 50 เซนติเมตร กลิ้งรอบแกนตัวเองด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน/วินาที จงหาพลังงานจลน์ของทรงกระบอก	ทรงกระบอกกลวงมวล 10 กิโลกรัม รัศมี 50 เซนติเมตร กลิ้งรอบแกนตัวเองด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน/วินาที จงหาพลังงานจลน์ของทรงกระบอก (โมเมนต์ความเฉื่อยมีค่า mr^2)

ตารางภาคผนวก ค-9 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับโจทย์ให้ชัดเจนว่าต้องการถามหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุหรือพลังงานจลน์ของการหมุน	วัตถุมวล 0.1 กิโลกรัม และ 0.3 กิโลกรัม ติดอยู่กับปลายทั้งสองของแท่งโลหะเบายาว 1.2 เมตร ดังรูป จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน AB พลังงานจลน์ของการหมุน ถ้าแท่งโลหะหมุนรอบแกน AB 	วัตถุมวล 0.1 กิโลกรัม และ 0.3 กิโลกรัม ติดอยู่กับปลายทั้งสองของแท่งโลหะเบายาว 1.2 เมตร ดังรูป จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน AB ถ้าแท่งโลหะหมุนรอบแกน AB 
- ควรวาดรูปให้เอียงกว่านี้ และวัตถุควรอยู่ด้านบนสุด		

ตารางภาคผนวก ค-9 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	เมื่ออัตราเร็วของการหมุนเปลี่ยนไป โดยไม่มีทอร์กภายนอกมากระทำ และมวลของวัตถุเท่าเดิม แสดงว่า	เมื่ออัตราเร็วของการหมุนเปลี่ยนไป โดยไม่มีทอร์กภายนอกมากระทำ และมวลของวัตถุเท่าเดิม ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง
- แก้คำผิดให้ถูกต้องและกำหนดค่า สูตรโมเมนต์ความเฉื่อย	ทรงกระบอกกรวงอยู่บนพื้นเอียงสูง 10 เมตร ตามรูป กลิ้งลงมาตามพื้นเอียง โดยไม่ไถลเลย จงหาว่าจะมีความเร็วเท่าใดเมื่อกลิ้งลงมาถึงพื้น ร	ทรงกระบอกกรวงอยู่บนพื้นเอียงสูง 10 เมตร ตามรูป กลิ้งลงมาตามพื้นเอียง โดยไม่ไถลเลย จงหาว่าจะมีความเร็วเท่าใดเมื่อกลิ้งลงมาถึงพื้นราบ ($I = mr^2$)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	เคนวินยืนอยู่บนแป้นหมุน ในขณะที่เหยียดแขนออก เขาหมุนด้วยอัตราเร็ว 0.3 รอบ/วินาที แต่เมื่อเขาดึงแขนเข้าข้างตัว อัตราเร็วเปลี่ยนเป็น 0.6 รอบ/วินาที จงหาอัตราส่วนของโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบตอนแรกต่อด้านหลัง	เคนวินยืนอยู่บนแป้นหมุน ในขณะที่เหยียดแขนออก เขาหมุนด้วยอัตราเร็ว 0.3 รอบ/วินาที แต่เมื่อเขาหุบแขนเข้าข้างตัว อัตราเร็วเปลี่ยนเป็น 0.6 รอบ/วินาที จงหาอัตราส่วนของโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบขณะเหยียดแขนออกต่อขณะหุบแขนเข้าข้างลำตัว

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ร้อยตรีวิรัตน์ ขันเขต
วัน เดือน ปีเกิด	24 สิงหาคม 2534
สถานที่เกิด	ตำบลตองปิด อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	60 หมู่ 9 ตำบลตองปิด อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ 33130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนไกรภักดีวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
พ.ศ. 2557	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา