



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลอจิกของ
เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี:
กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธรรมาธิปไตย

**A Study of Problem Solving Process Deficiencies in Physics by Heller and Heller's
Logical Problem Solving Strategy of Undergraduate Students :
A Case Study of Undergraduate Students at Dhurakij Pundit University**

โดย

ดร.ธัญญากร ช่วยทุกข์เพื่อน

มหาวิทยาลัยธรรมาธิปไตย

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยธรรมาธิปไตย

2559

ชื่อเรื่อง : การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับ
 ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษา
 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ผู้วิจัย : ดร.ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน

สถาบัน : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปีที่พิมพ์ : 2559

สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
 : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

จำนวนหน้างานวิจัย : 81 หน้า

ลิขสิทธิ์ : สงวนลิขสิทธิ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และเปรียบเทียบข้อบกพร่องโดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือแบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เนื้อหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก – ไฟฟ้าเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ค่าร้อยละ การทดสอบค่าที และการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา
2. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยคือ ขั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ
3. นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชพเฟ พบว่า กลุ่มเก่ง แตกต่างกับกลุ่มอ่อน และกลุ่มปานกลางแตกต่างจากกลุ่มอ่อน แต่กลุ่มเก่งและกลุ่ม ปานกลาง ไม่มีความแตกต่าง โดยกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ชั้น ที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ส่วนกลุ่มอ่อน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

Title : A Study of Problem Solving Process Deficiencies in Physics by Heller and Heller's
Logical Problem Solving Strategy of Undergraduate Students : A Case Study of
Undergraduate Students at Dhurakij Pundit University.

Researcher : Dr.Thunyakorn Chuaytukpuan

Institution : Dhurakij Pundit University

Year of Publication : 2014

Publisher : Dhurakij Pundit University

Sources : Dhurakij Pundit University

No. of page : 81 page

Copy right : All right Reserved

Abstract

This research aimed to study of problem solving process deficiencies in physics by Heller and Heller's logical problem solving strategy and compare the problem solving process deficiencies by gender and levels of learning achievement. The sample group was 49 first year undergraduate students from Faculty of Engineering enrolled in the second semester of 2014 academic year at Dhurakij Pundit University. The cluster random sampling method was applied for the sample group. The research instrument was the problem solving test focused on three topics; electrostatic, direct current and basic electromagnetic theories. The collected data were analyzed using frequency, percentage, t-test for independent sample and one-way analysis of variance.

The results of the study were as follows:

1. Most of the students had problem solving process deficiency in physics by Heller and Heller's logical problem solving strategy in the fifth step; evaluate the answer, followed by the third step; plan the solution, the fourth step; execute the plan, the second step; describe the physics, and the first step; focus the problem, respectively.
2. Students with different genders were not different in problem solving process deficiency in physics by Heller and Heller's logical problem solving strategy in each step.

Their most problem solving process deficiency failed in the fifth step, followed by the third, the fourth, the second and the first steps, respectively.

3. Students with different levels of learning achievement in problem solving process deficiency in physics by Heller and Heller's logical problem solving strategy were different statistical significance at .05 level, and to analyze the difference of the average by scheffe's method. It was found that the advanced group and intermediate group were different from the elementary group. But there is no different between the advanced group and the intermediate group in problem solving process deficiency in each step. Their most problem solving process deficiency failed in the fifth step, followed by the third, the fourth, the second and the first steps. The elementary group had problem solving process deficiency in the fifth step, followed by the fourth, the third, the second and the first steps, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตที่ได้กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้
งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์
และดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแนะนำ และตรวจแก้ไขแบบวัดให้มีความ
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

หากวิจัยเล่มนี้ก่อให้เกิดคุณค่าและประโยชน์ประการใด ผู้วิจัยขอมอบแต่ บุญการี และครู
อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนผู้วิจัย ด้วยความเคารพยิ่ง

ดร.ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญรูปภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
สมมติฐานการวิจัย.....	6
กรอบแนวคิดงานวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน.....	7
แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา.....	9
กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา.....	12
การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียน.....	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	29
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 (ต่อ)	
ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	31
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติทางฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในแต่ละชั้น.....	39
เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติทางฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของ นักศึกษา.....	43
เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติทางฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	45
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	48
สรุปผลการวิจัย.....	49
อภิปรายผลการวิจัย.....	50
ข้อเสนอแนะ.....	52
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ.....	61
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	63
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	71

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ.....	29
2 แสดงกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	30
3 แสดงความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ ของกระบวนการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ใน แต่ละชั้น.....	40
4 แสดงความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ ของกระบวนการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ใน ภาพรวม.....	42
5 แสดงความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ ของกระบวนการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา.....	43
6 แสดงการเปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา.....	44
7 แสดงความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ ของกระบวนการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา.....	45
8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	46
9 แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของข้อบกพร่องในกระบวนการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยวิธีของเชฟเฟ.....	47

สารบัญรูปภาพ

ภาพประกอบ

หน้า

1	แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	6
---	--------------------------------	---

รูป

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์ เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ประเทศเจริญก้าวหน้าสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรม อีกทั้งวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ ระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ และในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหลังการปฏิรูปการศึกษาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแตกต่างไปจากเดิม มีการให้ความสำคัญกับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น โดยในการสอนครูต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ มิใช่เพียงการถ่ายทอดความรู้เท่านั้น (ทิศนา ขัมมณี, 2552 : 119)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ จะต้องมีความรู้พื้นฐานวิชานี้เป็นอย่างดี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนทางสายวิชาชีพต่อไป แต่วิชาฟิสิกส์นั้นต้องอาศัยพื้นฐานในการคำนวณเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในกฎเกณฑ์ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรม ทำให้นักศึกษาประสบปัญหาเกี่ยวกับการเรียนเป็นอย่างมาก และการนำความรู้ในวิชาฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้กับวิชาชีพนั้น เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันในแต่ละเรื่อง มีทั้งในส่วนของทฤษฎี การคำนวณ และการประยุกต์ใช้ ผสมผสานกันอยู่ ซึ่งถ้านักศึกษาเกิดปัญหาในการทำความเข้าใจในส่วนใดส่วนหนึ่ง ก็จะเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในเรื่องนั้นๆ และจะส่งผลต่อวิชาฟิสิกส์ในเรื่องอื่นๆ ด้วย

อีกทั้งในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจากประสบการณ์ด้านการสอนของผู้วิจัยที่สอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับอุดมศึกษา พบว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขาดความเข้าใจในบทเรียนอย่างต่อเนื่อง ขาดทักษะการคิดคำนวณ เมื่อพบโจทย์ปัญหาที่แตกต่างจากในชั้นเรียน นักศึกษาไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง และทำให้นักศึกษาเกิดความรู้สึกว่าวิชาฟิสิกส์

เป็นวิชาที่ยาก ขาดความเชื่อมั่นในตนเอง และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทั้งที่วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการเรียนในสาขาวิชาทางคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งผู้วิจัยพบว่านักศึกษาแต่ละคนจะมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เพศ ฯลฯ ซึ่งเป็นการยากต่อผู้สอนในการที่จะทราบและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของนักศึกษาได้ทั่วทุกคน หากมีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน ก็จะเป็นการง่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในการแก้โจทย์ปัญหานั้นมีนักวิชาการได้ศึกษาและคิดค้นไว้หลายท่านด้วยกัน ซึ่งผู้วิจัยพบว่ากลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน มีการเน้นที่หลักการทางฟิสิกส์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เน้นการตรวจสอบหน่วย การใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางสำหรับเขียนแผนภาพ เหมาะสมสำหรับการนำมาตรวจสอบข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา โดยกลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller and Heller, 2000) มีขั้นตอนในการแก้ปัญหทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนขึ้นโดยการอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามที่โจทย์ถาม

จากขั้นตอนข้างต้นจะเห็นว่ากลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักศึกษาสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและมีความชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าหากพบข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษา

โดยการแยกพิจารณาตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเพศ และพิจารณาข้อบกพร่องหลักๆ ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษามีข้อบกพร่องในขั้นตอนใดบ้างในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ อีกทั้งนักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ที่แตกต่างกัน จะมีข้อบกพร่องในขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เพื่อจะได้เป็นแนวทางแก่ผู้สอนในการช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักศึกษาต่อไป ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านวิชาฟิสิกส์ไปเป็นพื้นฐานสำหรับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีขอบเขตดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 215 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ในภาคเรียนที่ 2 โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรต้น คือ

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

- เพศ
- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. กระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

- ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา
- ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

ตัวแปรตาม คือ ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ เรื่อง ไฟฟ้า ประกอบด้วยไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่เป็นหัวข้อในรายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา PH202 ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ มีจำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต ใช้เวลาเรียน 3 คาบต่อสัปดาห์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางแก่ผู้สอนในการช่วยเหลือหรือแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่างๆกัน
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยเฉพาะในเรื่องกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา
3. เป็นแนวทางแก่ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์หาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอนโดยการสร้างสถานการณ์และใช้แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหา 5 ขั้นตอนตามแนวของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผู้วิจัยนำขั้นตอนการแก้โจทย์หาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller and Heller, 2000) ไปการศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาจากข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้ ซึ่งเขียนเป็นแผนภาพและพิจารณาหลักการทางฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจน และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนของการวางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์ปัญหา ความสมเหตุสมผล และความสมบูรณ์ของโจทย์ เพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้องตามที่โจทย์ถาม

2. โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง สถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ รวมถึงทักษะการคำนวณ เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น ในวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา PH202 ระดับอุดมศึกษา ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

3. ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความบกพร่องที่พิจารณาจากขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 5 ขั้นตอน ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

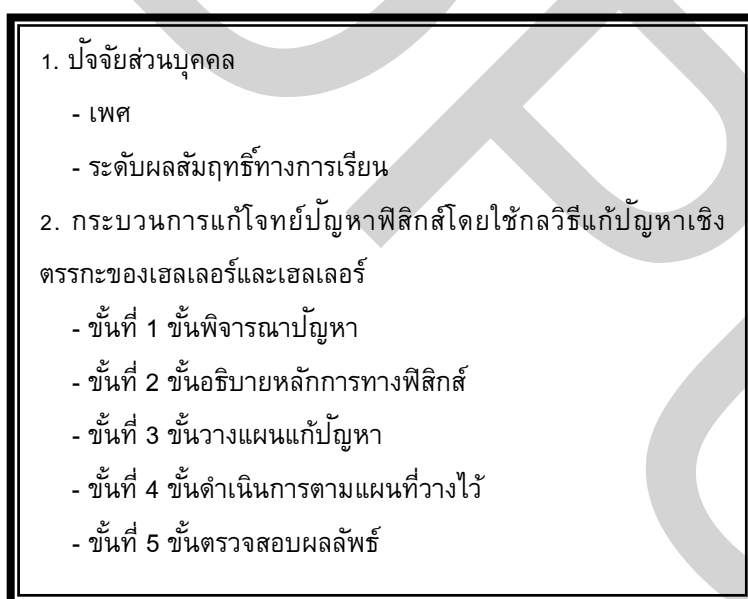
สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกัน
2. นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกัน

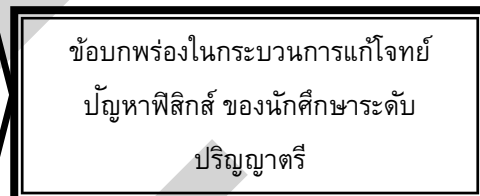
กรอบแนวคิดงานวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวม ผู้วิจัยจึงนำมาเป็นกรอบแนวคิดของงานวิจัยไว้ดังภาพประกอบ 1

ตัวแปรต้น



ตัวแปรตาม



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
 - 1.1 ความหมายของข้อบกพร่องทางการเรียน
 - 1.2 ความสำคัญของการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
2. แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา
 - 2.1 ความหมายการแก้ปัญหา
 - 2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา
3. กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา
 - 3.1 ความหมายของโจทย์ปัญหา
 - 3.2 กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา
4. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียน
 - 4.1 กระบวนการในการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
 - 4.2 ลักษณะของแบบทดสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน

1.1 ความหมายของการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน

การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนมีนักการศึกษาที่ได้ให้ความหมายไว้หลายท่านดังนี้

วิลโล อุปนันท์ (2544 : 6) กล่าวว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน หมายถึง การค้นหาข้อผิดพลาดที่เป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนไม่บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล (2552 : 7) กล่าวว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน หมายถึง การค้นหาสาเหตุหรือข้อบกพร่องต่างๆ ที่ทำให้นักเรียนเกิดปัญหาหรือไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน

สมใจ ภูครองทุ่ง (2553 : 42) กล่าวว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน หมายถึง การค้นหาข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เป็นอุปสรรค ทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน โดยรวบรวมปัญหามาวิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อนำผลที่ได้มาพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน เป็นการค้นหาข้อบกพร่อง ข้อผิดพลาดทางการเรียน ที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรค ที่จะทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน

1.2 ความสำคัญของการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน

นักวิชาการกล่าวถึงความสำคัญของการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนไว้หลายท่าน ดังนี้

Bloom (1981 :149) กล่าวว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนที่ดีนั้น จะช่วยให้ผู้สอนทราบถึงสภาพของผู้เรียน สำหรับจัดลำดับขั้นตอนการสอนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน และสามารถป้องกันสาเหตุของการบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียนอีกด้วย

Chai & Ang (1987 อ้างถึงใน วรณัฐ มาตระกูล. 2551: 16) กล่าวถึงความสำคัญของการศึกษาปัญหาหรือข้อบกพร่องทางการเรียนไว้ว่า ในการสอนนั้นการวิเคราะห์ความผิดพลาดเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาหาข้อผิดพลาดจะทำให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความคิดของเด็กที่เป็นปัญหาทางการเรียนและกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยข้อมูลเหล่านี้มีความหมายมากในการสอน ซึ่งครูจะต้องมีการแนะแนวทางในการช่วยให้นักเรียนหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านั้นและสามารถอธิบายได้ว่า เพราะสาเหตุใดนักเรียนจึงไม่มีพัฒนาการด้านความเข้าใจทางการเรียน ซึ่งนักวิจัยได้ยืนยันว่าเมื่อความผิดพลาดของนักเรียนได้แสดงออกมาก็จะทำให้เห็นว่าการเรียนรู้ของนักเรียนกำลังจะเริ่มขึ้นและสามารถทำให้นั่นคงขึ้นในภายหลัง

ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล (2552 : 8) กล่าวถึง ความสำคัญของการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนว่า การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนจะช่วยให้ผู้สอน ผู้เรียน รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนของผู้เรียนซึ่งจะเป็นแนวทางในการวางแผนและจัดการศึกษาต่อไป

ดังนั้นในกระบวนการเรียนการสอน นอกจากจะมีการเรียนการสอนและการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนก็เป็นอีกหนึ่ง

ภาระงานที่ผู้สอนควรนำมาเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนด้วย ซึ่งการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนจะทำให้ผู้สอนทราบถึงจุดอ่อนหรือจุดด้อยของผู้เรียนมากขึ้น และผู้สอนสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในครั้งต่อไป ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

2.1 ความหมายการแก้ปัญหา

Good (1973: 518) กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ก็คือการแก้ปัญหานั้นเอง การแก้ปัญหาเป็นแผนวิธีดำเนินการ ซึ่งอยู่ในสถานะที่มีความยากลำบาก ยุ่งยาก หรืออยู่ในสถานะที่พยายามตรวจสอบข้อมูลที่หามาได้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหา มีการตั้งสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการรวบรวมเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่จะทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553 : 153) กล่าวว่า การคิดแก้ปัญหาเป็นการพิจารณาไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์ ถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นปมประเด็นสำคัญของเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ที่คอยก่อกวน สร้างความรำคาญ ความยุ่งยาก ความสับสน และความวิตกกังวล โดยพยายามหาทางคลี่คลายสิ่งเหล่านั้นให้ปรากฏและหาหนทางจัดปัดเป่าสิ่งที่เป็นปัญหาที่ก่อความรำคาญ ความยุ่งยาก สับสนให้หมดไปอย่างมีขั้นตอน

ทศสุพล ทุมประเสน (2554: 26) การคิดแก้ปัญหา หมายถึง การคิดแก้ไขสถานการณ์หรือข้อคำถามที่เป็นปัญหา อย่างมีแบบแผนวิธีการและขั้นตอน

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556 : 20) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ ในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องอาศัยทั้งสติปัญญาจนสามารถค้นพบทางออกของปัญหาเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้วางไว้

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการการใช้ความรู้ ทักษะ และความเข้าใจต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือข้อคำถามที่เป็นปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จ

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการในการนำความรู้ที่มีอยู่ ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิม องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา มีดังนี้

Stollburg (1986 : 41) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและไม่เป็นไปตามลำดับ ความสามารถในการแก้ปัญหของแต่ละคนย่อมมีลักษณะเฉพาะของแต่ละคน นอกจากนี้การแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ต่อไปนี้

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

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544: 31 – 33) กล่าวว่า องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหามีดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถด้านนี้ คือ ทักษะการอ่าน และการฟัง เนื่องจากนักเรียนจะรับรู้ปัญหาได้จากการอ่าน และการฟัง เมื่อพบปัญหาผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหา ซึ่งต้องอาศัยองค์ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ บทนิยาม มโนคติ และข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งแสดงถึงศักยภาพทางสมองของผู้เรียนในการระลึกถึงและความสามารถนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ช่วยให้การทำความเข้าใจปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การรู้จักใช้กลวิธีมาช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเส้นใต้ข้อความสำคัญ การแบ่งวรรคตอน การจดบันทึกเพื่อแยกแยะประเด็นสำคัญ การเขียนภาพหรือแผนภูมิ การสร้างแบบจำลอง การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา การเขียนปัญหาใหม่ด้วยคำพูดตนเอง

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เมื่อผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาอยู่เสมอผู้เรียนมีโอกาสดำเนินปัญหาต่างๆ หลากรูปแบบ ซึ่งอาจจะโครงสร้างของปัญหาที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการเลือกใช้ยุทธวิธีต่างๆ เพื่อนำไปใช้ได้เหมาะสมกับปัญหา เมื่อเผชิญกับปัญหาใหม่ก็จะสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเทียบเคียง พิจารณาว่าปัญหาใหม่นั้นมีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาที่ตนเองคุ้นเคยมาก่อนบ้างหรือไม่ ปัญหาใหม่นั้นสามารถแยกเป็นปัญหาย่อยๆ ที่มีโครงสร้างของปัญหาลำคลึงกับปัญหาที่เคยแก้มาแล้วหรือไม่ สามารถใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหาใหม่นี้ได้บ้าง ผู้เรียนที่มีทักษะในการแก้ปัญหจะสามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผลหลังจากที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา และวางแผนในการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ปัญหาบางปัญหาจะต้องใช้การคิดคำนวณและในบางปัญหาจะต้องใช้กระบวนการให้เหตุผล การคิดคำนวณนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการแก้ปัญหา เพราะถึงแม้ว่าจะทำความเข้าใจปัญหาอย่างแจ่มชัด และวางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสมแต่เมื่อลงมือแก้ปัญหาแล้วคิดคำนวณไม่ถูกต้อง การแก้ปัญหานั้นก็ถือว่าไม่ประสบความสำเร็จสำหรับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผล ผู้เรียนจะต้องอาศัยทักษะพื้นฐานในการเขียนและการพูด ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการให้เหตุผลเท่าที่จำเป็นและเพียงพอในการนำไปใช้แก้ปัญหาในแต่ละระดับชั้น

4. แรงขับ เนื่องจากปัญหาเป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ ซึ่งผู้เรียนผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคย และไม่สามารถหาวิธีการหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ผู้เรียนจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่เพื่อให้ได้คำตอบ ผู้เรียนผู้แก้ปัญหาก็ต้องมีแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงขับนี้เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น เจตคติ ความสนใจ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสำเร็จตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการปลูกฝังให้เกิดขึ้นในนักเรียนโดยผ่านทางกิจกรรมต่างๆ ในการเรียนการสอน

5. ความยืดหยุ่น ผู้แก้ปัญหาที่ดีจะต้องมีความยืดหยุ่นในการคิด คือไม่ติดยึดในรูปแบบที่ตนเองคุ้นเคยแต่จะยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ๆ อยู่เสมอ ความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยบูรณาการ ความเข้าใจ ทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหา ตลอดจนแรงขับที่มีอยู่เชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ของปัญหาใหม่สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สามารถปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ความรู้พื้นฐาน ปัญหาทางฟิสิกส์ มีความเชื่อมโยงกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผู้แก้ปัญหาต้องมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ดีพอ และสามารถนำความรู้นั้นมาใช้ได้อย่างสอดคล้องกับสาระของปัญหา จึงจะทำให้แก้ปัญหาได้

7. ระดับสติปัญญา มีความสอดคล้องทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาดำ

8. การอบรมเลี้ยงดู ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวซึ่งมีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น คิดและตัดสินใจด้วยตนเอง มีแนวโน้ม

ที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่เลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย และแบบเข้มงวดกวดขัน

9. วิธีสอนของครู กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นตัวผู้เรียนโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นอิสระ มีเหตุผล ให้ความสำคัญกับความคิดของผู้เรียนย่อมจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่ากิจกรรมการเรียนการสอนแบบที่ครูเป็นผู้บอกให้รู้

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของบุคคลนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความสนใจ ความพร้อม วุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อม

3. กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

3.1 ความหมายของโจทย์ปัญหา

ดวงเดือน อ่อนน้อม (2542: 129) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา เป็นสภาพของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยจำนวนและตัวเลขและข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหานักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะใช้วิธีอะไรในทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหานี้ พร้อมทั้งเสนอแนะว่าครูควรจัดโจทย์ปัญหาเหล่านี้ไว้หลายระดับความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ของเด็กแต่ละคนเพื่อไม่ให้เด็กเกิดความคับข้องใจ หรือขาดแรงจูงใจในการคิดแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

พิพัฒน์ สอนพัลละ (2545 : 14) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา เป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นในลักษณะต่างๆ ประกอบไปด้วยข้อความ หรือตัวเลข โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการคิด เพื่อคิดหาวิธีการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคนิคอื่นๆ ประกอบกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ

จักรพันธ์ พิรัชชา (2553 : 13) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สภาพปัญหา เหตุการณ์หรือสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการแก้ไข ซึ่งประกอบด้วยจำนวน และตัวเลข รวมถึงคำห้อมล้อมที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งจะต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้วิธีการใดมาแก้ปัญหานั้น

โสภณิลัย สุวรรณ (2554 : 7) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา คือ สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วยภาษาและตัวเลขที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้ที่คิดแก้ปัญหานั้นจะต้องใช้ทักษะการตีความโจทย์มาเป็นสัญลักษณ์เสียก่อนและจะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง ข้อความ หรือ สถานการณ์ ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบด้วยตนเอง

3.2 กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 191-195) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกหลายประการ เช่น ทักษะในการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา ซึ่งผู้เรียนควรแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ และโจทย์ต้องการอะไร หรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ซึ่งต้องอาศัยทักษะในการ นำความรู้ หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้การเขียนรูป แผนภาพ หรือ ตารางการสังเกตหาแบบรูปหรือความสัมพันธ์เป็นต้น ในบางปัญหาอาจใช้ทักษะในการประมาณค่า คาดการณ์ หรือคาดเดาคำตอบมาประกอบด้วย ผู้สอนจะต้องหาวิธีฝึกวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้ให้มากขึ้น

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณ หรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายเหตุผล

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ หรือ มองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณการประมาณคำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้โดยอาศัยความรู้สึกเชิงจำนวน (number sense) หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (spatial sense) ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

เทราร์ทแมน และ ลิชเทนเบิร์ก (อ้างถึงใน ปรานี ยุติธรรม.2549: 35-36) ได้เสนอแนะกระบวนการแก้ปัญหา 6 ขั้นตอน ซึ่งใช้แนวคิดพื้นฐานจากกระบวนการแก้ปัญหาสี่ขั้นตอนของโพลยา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาไม่เพียงแต่ต้องทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในปัญหาเท่านั้น แต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในปัญหา สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการทำ ความเข้าใจปัญหาคือ การตั้งคำถามตนเองเพื่อให้เข้าใจปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง

ขั้นที่ 2 กำหนดแผนในการแก้ปัญหา โดยกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนในการแก้ปัญหามากมาย แผน เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ เพราะสามารถเปรียบเทียบและเลือกใช้แผนที่ดีกว่ามีประสิทธิภาพที่สุด การกำหนดแผนเป็นการกำหนดยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาลงมือทำตามแผนที่กำหนดไว้ซึ่งมีข้อแนะนำให้ทำงานเป็นกลุ่ม เพราะถ้าแต่ละคนดำเนินการตามแผนของตน คำตอบที่ได้สามารถมาตรวจสอบเปรียบเทียบกัน และได้เรียนรู้ที่แปลกใหม่จากเพื่อนๆ ถ้าทุกคนในกลุ่มใช้แผนการแก้ปัญหาเดียวกันทั้งกลุ่ม ก็จะได้มีโอกาสช่วยเหลือกันแก้ปัญหาอย่างรอบคอบในปัญหาที่มีความซับซ้อน เมื่อสามารถวางแผนแบ่งงานเป็นส่วนๆ ผู้แก้ปัญหาสามารถแบ่งการทำงานตามแผนคนละส่วนแล้วนำมาประกอบกันจะทำให้งานกลุ่มลุล่วงเร็วและมีความสมบูรณ์

ขั้นที่ 4 ประเมินแผนและคำตอบ ในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดย

- 4.1 พิจารณาว่าคำตอบมีความเป็นไปได้หรือมีความสมจริงหรือไม่
- 4.2 ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่
- 4.3 ลองแก้ปัญหาใหม่ โดยวางแผนใช้วิธีการอื่น แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้
- 4.4 เปรียบเทียบคำตอบของตนเองกับคำตอบของเพื่อนๆ คนอื่นๆ

ขั้นที่ 5 ขยายปัญหา ผู้แก้ปัญหจะต้องค้นหารูปแบบทั่วไปของคำตอบของปัญหา ซึ่งต้องเข้าใจโครงสร้างของปัญหาอย่างชัดเจน จึงจะสามารถขยายปัญหาได้ การขยายปัญหาจะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา การขยายปัญหาทำได้โดย

- 5.1 เขียนปัญหาที่คล้ายกันกับปัญหาเดิม
- 5.2 เสนอปัญหาใหม่ เพื่อที่ผู้แก้ปัญหอาจค้นหารูปแบบทั่วไป กฎ หรือสูตรในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 6 นักแก้ปัญหาที่ดีจะจดบันทึกการทำงานของเขไว้ เพื่อที่ว่าจะได้รื้อฟื้นหรือทบทวนความพยายามของเขาได้ การจดบันทึกอาจเก็บข้อมูลจากการร่วมกันคิด ร่วมกันทำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาต่อไป สิ่งที่ต้องจดบันทึกได้แก่

- 6.1 แหล่งของปัญหา
- 6.2 ตัวปัญหาที่กำหนด
- 6.3 แนวคิดในการแก้ปัญหา
- 6.4 ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่นำมาใช้หรือสามารถนำมาใช้ได้
- 6.5 ข้อแนะนำเกี่ยวกับขยายผลการแก้ปัญหา

โพลยา (Polya, 1997 อ้างถึงใน จักรพันธ์ พิรัชชา, 2553 :15) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นั่นคือ เข้าใจว่าอะไรคือสิ่งที่ไม่รู้ อะไรคือข้อมูล โจทย์กำหนดเงื่อนไขอะไรบ้าง แยกสถานการณ์ออกเป็นส่วนๆ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นค้นคว้าความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นของการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้และต้องตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ เป็นการตรวจสอบการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยอาจจะใช้วิธีการอื่นอีกเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ว่าถูกต้องหรือไม่

โรจาร์ (Rojas. 2010: 22-28 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ. 2556 : 31) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหา ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและโจทย์ต้องการรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบ พิจารณาแยกปัญหาใหญ่ ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหา คาดคะเนคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างกรอบแนวความคิด แผนภาพ ไดอะแกรมลงไป เพื่อให้ผู้เรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับ การพิจารณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้อง สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ผู้เรียนจะต้องวางแผน กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา หรือหลายๆ ยุทธวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็ยังสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่นการนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาดำเนินการตามแผนที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ไขปัญหให้ได้ตามแผน

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียน พิสูจน์ ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้าง และ ถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาด ผู้เรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์ ผู้เรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตาม โจทย์ต้องการหรือไม่ และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใดหรือไม่ และ ส่งเสริมให้ผู้เรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (อ้างถึง ใน อมรลักษณ์ ฤทธิเดช.2553: 18-21) สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการ สร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่างๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดง รายละเอียดของโจทย์ปัญหามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร เหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับอะไรและ จะดำเนินการต่อไปอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่าง ทยายๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์ สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดย ภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างทยายๆ (Picture and Given Information)

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question(s))

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

ขั้นที่ 2 ขั้่นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณโดยการแสดง ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่า และไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความ เป็นไปได้เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้นโดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้อง

เขียนให้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ที่ต้องมีข้อมูลสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่างๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่างๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variables)

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด (Target Variable)

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นนี้คือต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนการแปลความหมายทางฟิสิกส์โดยการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะต้องอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบโดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกระทั่งสามารถหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Construct Specific Equations)

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ (Check for Sufficiency)

3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (Outline the Math Solution)

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อดังต่อไปนี้ คือ

5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้ (Is Answer Properly Stated?)

5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ (Is Answer Reasonable?)

5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ (Is Answer Complete?)

จากกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพิลึกพิลั่นโดยเน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลนั้น ถือเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ หากมีกลวิธีแก้ปัญหาคือเป็นระบบอย่างเป็นขั้นตอนก็จะช่วยให้การแก้โจทย์ปัญหานั้นง่ายขึ้นและยังเป็นการช่วยตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งกลวิธีแก้ปัญหาคือตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่

โจทย์กำหนดให้ หลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์เป็นขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในงานวิจัยนี้

4. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียน

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา ในลักษณะเดียวกันดังนี้

4.1 กระบวนการในการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน

Singha (1974 อ้างถึงใน ศุภการณ สว่างเมืองวรกุล.2552:8-9) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนดังนี้

1. ควรเริ่มจากการแยกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆ คือ กลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน ซึ่งวิธีการแยกกลุ่มของผู้เรียน ผู้สอนอาจจะใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นหรือแบบทดสอบมาตรฐานก็ได้
2. หลังจากแยกกลุ่มผู้เรียนแล้วก็ทำการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นหลักในการสร้าง ซึ่งการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น ถ้าผู้สอนสามารถทำให้เป็นจุดประสงค์ย่อยได้มากที่สุด จะทำให้ผู้สอนเห็นถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น
3. เมื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเสร็จแล้ว ผู้สอนก็นำไปทดสอบกับผู้เรียนเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของผู้เรียนว่ามีข้อบกพร่องในด้านใดบ้าง พร้อมกับวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องที่พบ เพื่อหาแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องหรือสอนซ่อมเสริมให้ผู้เรียนที่มีข้อบกพร่องเหล่านั้นต่อไป

Leonard, H. C. & Irving S. S. (1991: 46–48) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนไว้ว่า ในกระบวนการศึกษาควรมีรูปแบบขั้นตอนคือ

1. ต้องเริ่มจากการประเมินสถานการณ์ในห้องเรียนหรือศึกษาสภาพห้องเรียนก่อนว่าเป็นอย่างไร

2. สำนัวจดว่าในห้องเรียนนั้นมีนักเรียนที่มีปัญหาในการเรียนหรือไม่ ถ้ามีก็ต้องหาประเด็นปัญหานั้นว่าคืออะไร และอะไรเป็นสาเหตุของปัญหานั้นแล้วจึงหาวิธีการเพื่อที่จะลดปัญหาและสาเหตุของปัญหา

3. เลือกวิธีการเพื่อที่จะกำจัดปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่มีเป็นตัวช่วยในการเลือก
4. ตัดสินใจว่าจะทำอย่างไรกับปัญหาเหล่านั้น

Nitko (1996 อ้างถึงใน สมใจ ภูครองทุ่ง. 2553 : 43) เสนอวิธีการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ 6 วิธีคือ

1. การค้นหาจุดเด่นและจุดด้อยในการเรียนรู้ระดับหัวเรื่อง
2. การค้นหาความรู้หรือทักษะพื้นฐานที่จำเป็น ที่ผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน
3. การจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มรอบรู้ และกลุ่มไม่รอบรู้ ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้
4. การระบุความคลาดเคลื่อนในการปฏิบัติของผู้เรียน
5. การวิเคราะห์โครงสร้างความรู้ของผู้เรียน
6. การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในองค์ประกอบของการแก้โจทย์ปัญหา

ศิริรัตน์ ศิริวิโรจน์สกุล (2551 : 39-40) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ปัญหาทางการเรียนของผู้เรียนสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. ขั้นสำรวจ (Survey level) เป็นการวิเคราะห์ขั้นต้น เพื่อสำรวจดูว่าผู้เรียนคนใดต้องการให้สอน เพื่อแก้ไขผู้เรียนที่เรียนไม่รู้เรื่อง เรียนไม่ทันเพื่อน ในห้องครูประจำชั้นควรเป็นผู้ทำการสำรวจเอง การวิเคราะห์ขั้นนี้อาจทำได้โดยวิธีการต่างๆ คือ

1.1 ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement tests) เป็นการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในด้านทักษะและเนื้อหาทางวิชาการ โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบของผู้เรียนทั้งชั้นกับเกณฑ์มาตรฐานของท้องถิ่น หรือของประเทศ เป็นการช่วยผู้สอนให้ประเมินผลงานของผู้เรียนได้ทั้งเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล

1.2 ใช้แบบทดสอบความสามารถทางสมองเป็นกลุ่ม (Group test of mental ability) จะทำให้ผู้สอนทราบถึงระดับความสามารถของผู้เรียน เมื่อเทียบกับเพื่อนๆ

1.3 ระเบียบสะสม (Cumulative record folders) ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนด้านต่างๆ เช่น สุขภาพทั่วไป สภาพทางบ้าน ประวัติทางโรงเรียน ทำให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนได้ดีขึ้น

2. **ขั้นเฉพาะ (Specific level)** การวิเคราะห์ขั้นนี้ มีจุดประสงค์เพื่อแยกรายละเอียดเกี่ยวกับจุดเด่น และข้อบกพร่องของผู้เรียนแต่ละคน ตลอดจนทักษะด้านต่างๆ ที่เป็นเหตุก่อให้เกิดข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียน แบบทดสอบที่ใช้วิเคราะห์ในขั้นนี้คือ

2.1 แบบทดสอบสติปัญญาเป็นรายบุคคล (An individual intelligence test) เช่นแบบทดสอบของ Binet (Stanford-Binet) หรือแบบทดสอบของเวชลอร์ (Wechlers) แบบทดสอบประเภทนี้ จะใช้เป็นข้อมูลตรวจสอบกับผลการทดสอบสติปัญญาแบบเป็นกลุ่ม (Group intelligence test)

2.2 แบบทดสอบเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนอย่างละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนมีความบกพร่องทางการเรียน อาจเป็นข้อสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นเองก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาและความสะดวก

3. **ขั้นละเอียด (Intensive level)** เป็นการวิเคราะห์อย่างละเอียดถึงสาเหตุที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนของผู้เรียน การวิเคราะห์ในขั้นนี้ จะต้องทำการศึกษาผู้เรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งมีวิธีการดังนี้

3.1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนของผู้เรียนทุกอย่าง เช่น ผลสัมฤทธิ์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะข้อบกพร่องทางการเรียน

3.2 รวบรวมข้อมูลจากที่บ้าน ประวัติเกี่ยวกับตัวผู้เรียน สุขภาพ บุคลิกภาพ

3.3 การแปลข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม ซึ่งถือว่ามีความสำคัญมาก เพราะข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจะไม่มีประโยชน์เลย หากขาดการแปลความหมายของข้อมูลเหล่านั้น เพื่อเป็นข้อเสนอแนะในการจัดการสอนซ่อมเสริม

3.4 ประเมินผลการสอนซ่อมเสริม

จากกระบวนการในการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นขั้นตอนสำคัญๆ เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยดังนี้

1. แยกกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆ คือ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน โดยพิจารณาจากเกรดเฉลี่ยของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์

2. สร้างแบบทดสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน ให้สอดคล้องกับกลวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แล้วนำมาทดสอบกับผู้เรียน

3. ค้นหาข้อบกพร่องและสาเหตุข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนเหล่านั้นต่อไป

4.2 ลักษณะของแบบทดสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน

แบบทดสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะพื้นฐาน ทหาระดับการเรียนรู้ และจัดอันดับของผู้เรียนหรือเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน รวมถึงการพิจารณาตัดสินว่าผู้เรียนคนใดควรเรียนซ้ำชั้นบ้าง ลักษณะของแบบทดสอบนี้ คือ แบบทดสอบวินิจฉัย (ศุภการณ สว่างเมืองวรกุล .2552 : 19-21) นอกจากนี้แบบทดสอบวินิจฉัยต้องสามารถประเมินผลการเรียนได้ทั้งด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย ด้านทักษะพิสัย และสามารถนำไปใช้ทดสอบในระหว่างการเรียนการสอนได้ด้วย โดยที่แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นชนิดหนึ่งของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ที่เน้นการสำรวจดูข้อบกพร่องและสาเหตุของความบกพร่องในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของผู้เรียน ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันแพร่หลาย ส่วนใหญ่จะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐานในต่างประเทศ และมีแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนที่เป็นมาตรฐานหลายๆ ชุด

2. แบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบที่ครูสามารถสร้างขึ้นเพื่อวินิจฉัยในเรื่องที่ครูต้องการหาข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียนได้ แบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นเครื่องมือที่คุ้มค่ามาก เพราะครูสามารถสร้างให้ตรงกับจุดประสงค์ได้ เมื่อต้องการวินิจฉัยเรื่องใดก็สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเรื่องนั้น ซึ่งจะทำให้มีโอกาสในการวินิจฉัยได้ตรงจุดมากกว่าการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยที่ได้มีผู้อื่นสร้างไว้แล้ว

Ahmann and Glock (1967: 364-365) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ดังนี้

1. แบบทดสอบที่เน้นความตรงเชิงเนื้อหา
2. เกณฑ์ปกติ ไม่มีความสำคัญในแบบทดสอบวินิจฉัย
3. แบบทดสอบวินิจฉัยประกอบด้วยกลุ่มข้อสอบที่เกิดจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อ แล้วรวบรวมคำตอบที่เป็นปัญหา ซึ่งเกิดขึ้นกับนักเรียนจำนวนมาก ไว้ค้นหาจุดบกพร่องต่อไป
4. แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องมักใช้เพื่อแก้ปัญหาทางการเรียนให้กับนักเรียนที่มีคะแนนต่ำ

Bloom and Madus (1973 :91-92) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. ใช้สำหรับหาข้อบกพร่องของผู้เรียนด้านทักษะพื้นฐาน และระดับความรอบรู้ของผู้เรียน
2. ใช้ทดสอบผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอน
3. สามารถประเมินผลได้ทั้งด้านด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย ด้านทักษะพิสัย
4. ประกอบด้วยกลุ่มข้อสอบจำนวนมากๆ และเป็นแบบทดสอบที่ง่าย โดยมีระดับความยากตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป
5. การให้คะแนนสามารถประเมินผลได้ทั้งแบบอิงกลุ่มและอิงเกณฑ์
6. การรายงานคะแนนจะอยู่ในรูปของเส้นภาพ ของคะแนนของผู้เรียนแต่ละคนในแต่ละทักษะย่อย

Gronlund (1976 :139) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ดังนี้

1. ยึดความบกพร่องในการเรียนเป็นขอบข่ายในการวัด
2. ความบกพร่องเป็นความบกพร่องเฉพาะอย่าง
3. ข้อสอบมีลักษณะง่าย
4. ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน
5. สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องในการเรียน
6. นำผลมาใช้พิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

บุญชม ศรีสะอาด (2553 : 36) ได้กล่าวถึง ลักษณะโดยทั่วไปของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. มุ่งวัดผลเป็นเรื่องๆ หรือเป็นด้านๆไป ถ้าต้องการทดสอบทักษะย่อยหลายทักษะก็อาจแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อยๆตามทักษะย่อยนั้นๆ
2. คะแนนของแต่ละด้าน แต่ละตอน ค้นหาข้อบกพร่องในแต่ละด้าน ดังนั้นคะแนนรวมของแต่ละคนจะไม่เป็นประโยชน์ในกรณีนั้น
3. มีข้อสอบหลายๆข้อที่มีทักษะเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เพิ่มโอกาสในการทำผิดพลาดมากยิ่งขึ้น อันจะสามารถจำแนกผู้เรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนเรื่องนั้นๆ ได้อย่างเพียงพอ คือการชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่แท้จริงได้อย่างชัดเจน

4. มักจะเป็นการไม่เร่งรัดเวลาในการทำแบบทดสอบ โดยจะเริ่มจากข้อสอบที่ง่าย แล้วค่อยๆเพิ่มความยาก และโดยรวมแล้วจะมีลักษณะค่อนข้างง่าย

5. การสร้างแบบทดสอบชนิดนี้ จะสร้างจากฐานของการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่ส่งผลให้การเรียนสำเร็จ และจากการศึกษาข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องที่มักเกิดขึ้นกับผู้เรียน

6. ความเป็นมาตรฐานของแบบทดสอบจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการดำเนินการใช้เครื่องมือในการสอบ อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือสภาพเดียวกัน การให้คะแนนมีความเป็นปรนัย

นิตยาภรณ์ ศรีภาแลว (2557: 16) ได้กล่าวถึง ลักษณะโดยทั่วไปของแบบทดสอบวินิจัยไว้ดังนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถหรือทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เป็นการเฉพาะโดยมีเป้าหมายที่จะวัดความรู้ ความสามารถของตัวชี้วัดให้สอดคล้องกับเนื้อหาอื่นๆ
2. เป็นแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมาก เพื่อให้ครอบคลุมทุกตัวชี้วัดที่ต้องทดสอบ
3. เป็นแบบทดสอบที่เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
4. เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่ายโดยเรียงลำดับจากข้อสอบง่ายไปยาก และไม่จำกัดเวลาในการทำข้อสอบ
5. ข้อสอบควรมีความยากตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป
6. เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องในการเรียนและนำผลมาพิจารณาทำให้วิเคราะห์ได้ว่าผู้เรียนมีความบกพร่องในด้านใด และค้นหาสาเหตุในการบกพร่อง และนำมาจัดสอนซ่อมเสริม เพื่อช่วยแก้ไขข้อบกพร่องให้ตรงจุด

จากลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยที่นักการศึกษากล่าวมานั้น สามารถสรุปลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยเพื่อศึกษาข้อบกพร่องได้ว่า

1. เป็นแบบทดสอบเพื่อหาความบกพร่องทางการเรียน
2. สามารถวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและวัดพฤติกรรมตามที่กำหนดในหลักสูตร
3. พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาเป็นสำคัญ
4. ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน
5. ข้อสอบมีลักษณะง่าย
6. พิจารณาหาข้อบกพร่องในการเรียน มากกว่าเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. เป็นแบบทดสอบที่แบ่งออกเป็นแบบทดสอบย่อย ๆ โดยกลุ่มข้อสอบในแต่ละแบบทดสอบย่อยจะวัดเนื้อหาหรือพฤติกรรมเดียวกัน
8. ไม่ถือคะแนนรวมเป็นสำคัญ แต่สนใจคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบย่อยว่าผู้สอบได้คะแนนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำหรือไม่
9. เป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดเวลา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล (2552) ได้ศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ในด้านการตีความโจทย์ ด้านการใช้หลักการ สูตร กฎ นิยามและสมบัติ และด้านการคิดคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 29 คน ในจำนวนนี้เป็นกลุ่มที่ใช้สัมภาษณ์จำนวน 9 คน โดยแยกเป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 5 หน่วย แบบฝึกหัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนมีลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละในด้านการตีความโจทย์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.09 รองลงมาคือด้านการใช้หลักการ สูตร กฎ นิยาม และสมบัติ คิดเป็นร้อยละ 35.45 และรองถัดมาคือด้านการคิดคำนวณ คิดเป็นร้อยละ 17.46 ลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละด้านมีดังนี้ 1) ด้านการตีความโจทย์นักเรียนมีข้อบกพร่องในการตีความความหมายของอัตราส่วนมากที่สุด รองลงมาคือการตีความจากรูปภาพและข้อความไปเป็นสัญลักษณ์ และการเขียนสัดส่วน 2) ด้านการใช้หลักการ สูตร กฎ นิยามและสมบัติ นักเรียนมีข้อบกพร่องในการใช้หลักการคูณไขว้มากที่สุด รองลงมาคือการหาค่าของตัวแปรในสัดส่วน ถัดมาคือการเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปร้อยละและการเขียนร้อยละให้อยู่ในรูป อัตราส่วน และข้อบกพร่องในการอธิบายความหมายของอัตราส่วน และ 3) ด้านการคิดคำนวณนักเรียนมีข้อบกพร่องจากความสะเพร่าในการคิดคำนวณมากที่สุด รองลงมาคือการหารจำนวนและการเขียนคำตอบ

ไพฑูรย์ กองคา (2554) ได้ศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบฝึกซ่อมเสริม และ ศึกษาความเชื่ออำนาจตนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยแบบฝึกซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์ของ

ฟังก์ชัน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยชลบุรี ปีการศึกษา 2554 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 24 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มอ่อนที่ได้จากการทดสอบวัดศักยภาพทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบวินิจฉัย เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชันจำนวน 5 ฉบับ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันและแบบสอบถามความเชื่ออำนาจตนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัย พบว่า 1) เนื้อหาแต่ละเรื่องมีลักษณะข้อบกพร่องแตกต่างกันออกไปตามเนื้อ แต่ก็สามารถสรุปเป็นลักษณะ ข้อบกพร่องให้เป็นลักษณะเดียวกันในด้านบทนิยาม กระบวนการ และด้านการประยุกต์ ตามลักษณะ ข้อบกพร่องที่ผู้วิจัยกำหนดโดยข้อบกพร่องที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนมากที่สุดคือ ด้านการประยุกต์ 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน หลังเรียนด้วยแบบฝึกซ่อมเสริมสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.08 คิดเป็นร้อยละ 70.42 และมีคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 32.08 ของคะแนนเต็ม 3) หลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยแบบฝึกซ่อมเสริม เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน แล้วนักเรียนมีความเชื่ออำนาจตนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากมีค่าเท่ากับ 3.84 คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.80

ยุพิน พวงจันทร์ (2557) ได้สร้าง และหาคุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน รวมทั้งสำรวจข้อบกพร่องในการเรียนรายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 จำนวน 385 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องเสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ฉบับ 48 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน รายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 48 ข้อ มี 4 ฉบับ คือแบบทดสอบฉบับที่ 1 เรื่อง ธรรมชาติและสมบัติของเสียง จำนวน 18 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 แบบทดสอบฉบับที่ 2 เรื่องความเข้มเสียงและการได้ยิน จำนวน 11 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 แบบทดสอบฉบับที่ 3 เรื่อง เสียงดนตรี จำนวน 7 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 และแบบทดสอบฉบับที่ 4 เรื่องปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียงและการประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง จำนวน 12 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77

ข้อบกพร่องในการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องเสียง ที่พบเรียงจากมากไปหาน้อยคือ จำสูตรไม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 22.60 คำนวณผิด คิดเป็นร้อยละ 22.34 และสับสนเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คิดเป็นร้อยละ 19.22 ตามลำดับ

นิตยาภรณ์ ศรีภาแลว (2557) ได้ทำการสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัย ข้อบกพร่อง วิชาวิทยาศาสตร์ 5 เรื่องพลังงานไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ ค้นหาสาเหตุข้อบกพร่องของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวินิจฉัย ข้อบกพร่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 วงจรไฟฟ้า ฉบับที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ฉบับที่ 3 พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า และฉบับที่ 4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น การหาคุณภาพของเครื่องมือ พิจารณาจาก ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น สถิติที่ใช้ คือค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ ผลการศึกษาพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัย ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าดัชนี ความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60–1.00 มีค่าความยาก 0.68–0.79 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.29–1.00 ค่าความเชื่อมั่นมีค่า 0.86, 0.93, 0.90, 0.85 ตามลำดับ จุดบกพร่องที่พบมากที่สุดคือไม่ เข้าใจวิธีการคำนวณหาค่าไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 43.88 รองลงมาคือไม่เข้าใจหลักการต่อ วงจรไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 42.03 และไม่เข้าใจวิธีการหาค่าความต้านทานรวมในวงจรคิดเป็น ร้อยละ 38.11 ตามลำดับ

Ong & Lim (1987 อ้างถึงใน สมใจ ภูครองทุ่ง. 2553 : 58) ได้ทำการวิจัยเรื่องความ เข้าใจและข้อผิดพลาดในวิชาฟิสิกส์ โดยมียัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจผลการสอนเกี่ยวกับความ เข้าใจในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในสิงคโปร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับ มัธยมศึกษาที่มีอายุระหว่าง 15-16 ปี จำนวน 3 กลุ่ม เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 365 คน นักเรียนระดับเตรียมอุดมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 339 คน และนักศึกษาระดับ มหาวิทยาลัยจำนวน 267 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบฟิสิกส์ที่ผู้วิจัย ดัดแปลงมาจากของอีแวน (Evans) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจำนวนมากที่มีอายุระหว่าง 15-16 ปีไม่สามารถแก้ปัญหาฟิสิกส์ได้ง่ายๆได้ และสาเหตุข้อผิดพลาดส่วนใหญ่ เนื่องจากนักศึกษา ไม่เข้าใจในการใช้ตัวอักษรแทนตัวแปรหรือค่าคงที่ นักเรียนไม่สามารถแก้สมการซึ่งมีตัวแปร หรือสมการที่ยากกว่าสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวได้ และนักเรียนใช้การแทนค่าจำนวนในสมการ โดยไม่พิจารณากรณีที่เป็นไปได้

Orhun และ Orhun (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนเนื่องจากมีความบกพร่องในกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนเกรด 9 จำนวน 97 คน โดยใช้ชุดคำถามวิชาฟิสิกส์จำนวน 10 เรื่อง มาใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 5 ขั้นตอนคือ 1) การเขียนแผนภาพ 2) ตรวจสอบสิ่งที่โจทย์ถาม 3) เขียนสมการเพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) การแทนค่าลงในสมการ และ 5) แก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า และประเมินความบกพร่องของนักเรียนใน 3 ลักษณะ คือ 1) ความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ 2) ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และ 3) ความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากที่สุด รองลงมาคือ ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้

Gaigher และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Heller Group ซึ่งมี 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการเขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) ขั้นตอนแสดงข้อมูลต่างๆ ลงในแผนภาพ 3) ขั้นตอนระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) ขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ 5) ขั้นตอนการเขียนสมการสำหรับใช้ในการหาคำตอบ 6) ขั้นตอนการแทนค่าตัวแปรเพื่อแก้สมการ และ 7) ขั้นตอนแปลความหมายของคำตอบที่ได้ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีพัฒนาการของกระบวนการคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน สามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้

Feljone G. Ragma (2014) ได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของการเรียนฟิสิกส์คณิตในสถาบันอุดมศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดแผนการเรียนการสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2556-2557 จำนวน 374 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในวิทยาลัย ซึ่งข้อผิดพลาดของการเรียนใช้วิธีวิเคราะห์ความผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนิวแมน มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความผิดพลาดจากการอ่าน ความผิดพลาดจากการทำความเข้าใจคณิตศาสตร์และความผิดพลาดจากการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยระเบียบวิธีวิจัยมีดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 215 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ในภาคเรียนที่ 2 โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน

2.1 ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามปัจจัยด้านเพศ แสดงได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวนนักศึกษา(คน)	ร้อยละ
ชาย	42	85.71
หญิง	7	14.29
รวม	49	100.00

2.2 ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามปัจจัยด้านระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบระดับคะแนนของนักศึกษาจากฝ่ายทะเบียนและประมวลผล ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งดังนี้

กลุ่มเก่ง หมายถึง กลุ่มของนักศึกษาที่ได้ระดับคะแนนวิชาฟิสิกส์ 2 เป็น A, B⁺ และ B

กลุ่มปานกลาง หมายถึง กลุ่มของนักศึกษาที่ได้ระดับคะแนนวิชาฟิสิกส์ 2 เป็น C⁺ และ C

กลุ่มอ่อน หมายถึง กลุ่มของนักศึกษาที่ได้ระดับคะแนนวิชาฟิสิกส์ 2 เป็น D⁺, D และ F

แสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	จำนวนนักศึกษา(คน)	ร้อยละ
กลุ่มเก่ง	6	12.25
กลุ่มปานกลาง	14	28.57
กลุ่มอ่อน	29	59.18
รวม	49	100.00

3. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรต้น คือ

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

- เพศ
- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮล

เลอร์และเฮลเลอร์ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

- ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา
- ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

ตัวแปรตาม คือ ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษา
ระดับปริญญาตรี

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้า

2) คู่มือผู้เรียนสำหรับการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้า

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์
ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบวัดแบบอัตนัย ใช้วัดผลในด้านความเข้าใจ การนำไปใช้
และการวิเคราะห์ เรื่องไฟฟ้า ประกอบด้วยไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก-
ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่เป็นหัวข้อในรายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา PH202 ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต จำนวน 10 ข้อ

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษาวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ 1, ฟิสิกส์ 2 ,หลักฟิสิกส์ , ฟิสิกส์
วิศวกรรม และหลักฟิสิกส์ประยุกต์ เพื่อหาเนื้อหาที่เหมาะสม สำหรับนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่ง
จากงานวิจัยของ ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2553 : 81) ที่ศึกษาปัจจัยและลำดับความสำคัญของ
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัย
ธุรกิจบัณฑิต พบว่า นักศึกษา ผู้สอน และผู้บริหาร ในคณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะศิลป
ศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จำนวน 348 คน ได้ลงความเห็นว่ เรื่องไฟฟ้าเป็นเนื้อหาที่นำมาใช้ใน
วิชาชีพมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเรื่องไฟฟ้า สำหรับนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบไป
ด้วยเรื่อง ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และ ทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น

2. ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 2 และคู่มือผู้เรียนสำหรับการเรียน
เรื่อง ไฟฟ้า โดยศึกษาจากหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบายและจุดประสงค์รายวิชา
รวมทั้งขอบข่ายของเนื้อหา ระยะเวลาการเรียน การวัดและการประเมินผล

3. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้และคู่มือผู้เรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาในด้านความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของเนื้อหา การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา บทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียนในแต่ละขั้นตอน ความสอดคล้องของเนื้อหา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมทั้งประเมินความสอดคล้องของแผนการสอน ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ประเมินโดย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งสูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ทุกแผนการจัดการเรียนรู้และถือว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบวัด

1. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางทฤษฎีจากเอกสาร เกี่ยวกับข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ และกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาตามขั้นที่ 1 และ การศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลเป็นหลักในการสร้างแบบวัดโดยสร้างแบบวัดเป็นแบบอัตนัย เรื่องไฟฟ้า ประกอบด้วยไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น ซึ่งจำนวนข้อที่ออกในแต่ละเรื่องขึ้นอยู่กับความมากน้อยของเนื้อหาและจุดประสงค์ ตามหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์ 2 ได้ข้อสอบวัดกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ ทั้งหมด 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ชุดดังนี้

- แบบวัดกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ
- แบบวัดกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 5 ข้อ
- แบบวัดกระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ เรื่องทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น

จำนวน 5 ข้อ

ซึ่งในแต่ละข้อจะมุ่งศึกษากระบวนการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

- ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา
- ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

แบบวัดนี้จะให้คะแนนเป็น 2 ระดับในแต่ละขั้นตอน คือ 0 คะแนน เมื่อนักศึกษาไม่สามารถตอบได้ถูกต้อง ไม่เขียนตอบ ตอบไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน และ 1 คะแนน เมื่อนักศึกษาตอบได้ถูกต้องและชัดเจน

3. นำแบบวัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จำนวน 18 ข้อ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4. นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งเป็นคณะเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน จากนั้นนำแบบวัดมาหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด.2545)

5. นำคะแนนของแบบวัดที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ใช้สถิติเบื้องต้นโดยการหาสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 68-73) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.71

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว ได้แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ แบ่งออกเป็นการวัดผลในด้าน ความเข้าใจ 4 ข้อ การนำไปใช้ 5 ข้อ และการวิเคราะห์ 1 ข้อ

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 (PH202) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 49 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้า เพื่อนำไปประเมินผลในขั้นต่อไป

3. การตรวจแบบวัด ผู้วิจัยมีเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนในแต่ละชั้นตอนที่นักศึกษาได้ทำ โดยหากชั้นตอนใดนักศึกษาไม่แสดงวิธีทำ ทำผิดหรือบกพร่องเป็นบางส่วน ก็จะถือว่านักศึกษาได้บกพร่องในชั้นตอนนั้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ขอบการของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจนับความถี่ของขอบการในแต่ละชั้นตอนของแต่ละข้อ และหาค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นตอนต่างๆของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของแต่ละข้อ โดยใช้สูตร

$$E = \frac{\sum N_E}{N} \times 100$$

เมื่อ E คือ ค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นตอนต่างๆของแต่ละข้อ

N_E คือ จำนวนนักศึกษาที่มีความบกพร่องในแต่ละชั้นตอนของแต่ละข้อ

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบ

2. เปรียบเทียบขอบการในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา โดยการทดสอบค่าที (t - test for Independent Samples)

3. เปรียบเทียบขอบการในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทิศทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีเชฟเฟ (Scheffe' s Method)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. ค่าร้อยละ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543 : 101)

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550 : 32)

$$\text{สูตร} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550 : 55)

$$\text{สูตร} \quad S.D = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D$ แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC

(Index of Item Objective Congruence) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 208-209)

ใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5. ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2539: 209 – 211)

5.1 ค่าความยากง่าย

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

5.2 ค่าอำนาจจำแนก

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_U	แทน	จำนวนคนกลุ่มเก่งที่ตอบข้อนั้นถูก
	R_L	แทน	จำนวนคนกลุ่มอ่อนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

5. ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 68-73)

$$R = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

เมื่อ	R	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	N	แทน	จำนวนผู้เรียน
	X	แทน	คะแนนของ X
	Y	แทน	คะแนนของ Y

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย

1. เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา โดยการทดสอบค่าสถิติที (t-test) (t - test for Independent Samples) โดยใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 173-175)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่
	S_p^2	แทน	ความแปรปรวนร่วม
	S_1^2, S_2^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1,2
	n_1, n_2	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1,2
	df	แทน	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ มีค่าเท่ากับ $n_1 + n_2 - 2$

2. เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทิศทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2550: 153-155)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

เมื่อ	F	แทน	อัตราส่วนของความแปรปรวน
	MS_b	แทน	ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
	MS_w	แทน	ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของกระบวนการแก้ไขปัญหาลิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในแต่ละชั้น

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขปัญหาลิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขปัญหาลิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
M.D.	แทน	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
t	แทน	ค่าการแจกแจงแบบ t (t-distribution)
F	แทน	ค่าการแจกแจงแบบ F (F-distribution)
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของผลการทดสอบสมมุติฐาน
df	แทน	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ
f	แทน	ความถี่ของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ

**ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของกระบวนการแก้ไข
ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในแต่ละ
ระดับ**

ข้อบกพร่องของกระบวนการแก้ไขปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์พิจารณาเป็นรายข้อ โดยแสดงในรูปความถี่และร้อยละของ
นักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่างๆ แสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงความถี่และร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในชั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธี
แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ในแต่ละชั้น (N=49)

ความ บกพร่องใน ชั้นต่าง ๆ		ข้อที่																					
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		รวม	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	1.1	13	26.53	9	18.37	16	32.65	13	26.53	23	46.94	18	36.73	13	26.53	25	51.02	25	51.02	24	48.98	179	36.53
	1.2	3	6.12	4	8.16	7	14.29	6	12.24	10	20.41	3	6.12	6	12.24	16	32.65	19	38.78	19	38.78	93	18.98
	1.3	14	28.57	15	30.61	18	36.73	17	34.69	23	46.94	21	42.86	20	40.82	25	51.02	25	51.02	25	51.02	203	41.43
2	2.1	20	40.82	17	34.69	19	38.78	23	46.94	24	48.98	20	40.82	19	38.78	25	51.02	25	51.02	24	48.98	216	44.08
	2.2	12	24.49	12	24.49	20	40.82	18	36.73	21	42.86	11	22.45	14	28.57	22	44.90	24	48.98	23	46.94	177	36.12
	2.3	24	48.98	24	48.98	20	40.82	18	36.73	23	46.94	21	42.86	22	44.90	23	46.94	25	51.02	24	48.98	224	45.71
3	3.1	24	48.98	24	48.98	23	46.94	23	46.94	23	46.94	22	44.90	23	46.94	24	48.98	25	51.02	24	48.98	235	47.96
	3.2	20	40.82	24	48.98	24	48.98	23	46.94	22	44.90	20	40.82	23	46.94	24	48.98	25	51.02	24	48.98	229	46.73
	3.3	17	34.69	20	40.82	22	44.90	22	44.90	23	46.94	19	38.78	21	42.86	24	48.98	24	48.98	24	48.98	216	44.08
4	4.1	15	30.61	21	42.86	24	48.98	22	44.90	24	48.98	22	44.90	21	42.86	24	48.98	25	51.02	24	48.98	222	45.31
	4.2	18	36.73	22	44.90	24	48.98	23	46.94	23	46.94	21	42.86	21	42.86	25	51.02	25	51.02	24	48.98	226	46.12
5	5.1	19	38.78	22	44.90	24	48.98	23	46.94	24	48.98	21	42.86	23	46.94	25	51.02	25	51.02	24	48.98	230	46.94
	5.2	19	38.78	22	44.90	24	48.98	23	46.94	24	48.98	21	42.86	22	44.90	25	51.02	25	51.02	24	48.98	229	46.73
	5.3	18	36.73	22	44.90	24	48.98	22	44.90	24	48.98	21	42.86	22	44.90	25	51.02	25	51.02	24	48.98	227	46.33
รวม		236	34.40	258	37.60	289	42.13	276	40.23	311	45.34	261	38.05	270	39.36	332	48.40	342	49.85	331	48.25	2,906	42.36

หมายเหตุ ชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา

- 1.1 เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้
- 1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด
- 1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

- 2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหา
- 2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด
- 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ

ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา

- 3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
- 3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้
- 3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้

- 4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- 4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์

- 5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่
- 5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่
- 5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

จากตาราง 3 เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความบกพร่องมากที่สุดในแต่ละชั้น ดังนี้ ชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา มีความบกพร่องมากที่สุดในระดับชั้นที่ 1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 41.43 ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ มีความบกพร่องมากที่สุดในระดับชั้นที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ คิดเป็นร้อยละ 45.71 ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา มีความบกพร่องมากที่สุดในระดับชั้นที่ 3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า คิดเป็นร้อยละ 47.96 ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ มีความบกพร่องมากที่สุดในระดับชั้นที่ 4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 46.12 และชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ มีความบกพร่องมากที่สุดในระดับชั้นที่ 5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ คิดเป็นร้อยละ 46.94

เมื่อพิจารณาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์พิจารณาในภาพรวมของแต่ละชั้น แสดงได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงความถี่และร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่าง ๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ในภาพรวม

ชั้นที่ ข้อที่	ความบกพร่องในขั้นต่าง ๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์									
	1		2		3		4		5	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	30	20.41	56	38.10	61	41.50	33	33.67	56	38.10
2	28	19.05	53	36.05	68	46.26	43	43.88	66	44.90
3	41	27.89	59	40.14	69	46.94	48	48.98	72	48.98
4	36	24.49	59	40.14	68	46.26	45	45.92	68	46.26
5	56	38.10	68	46.26	68	46.26	47	47.96	72	48.98
6	42	28.57	52	35.37	61	41.50	43	43.88	63	42.86
7	39	26.53	55	37.41	67	45.58	42	42.86	67	45.58
8	66	44.90	70	47.62	72	48.98	49	50.00	75	51.02
9	69	46.94	74	50.34	74	50.34	50	51.02	75	51.02
10	68	46.26	71	48.30	72	48.98	48	48.98	72	48.98
รวม	475	32.31	617	41.97	680	46.26	448	45.71	686	46.67

หมายเหตุ

ชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา

ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา

ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์

จากตาราง 4 เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความบกพร่องมากที่สุดในชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ 46.67 รองลงมาคือชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา

คิดเป็นร้อยละ 46.26 ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ คิดเป็นร้อยละ 45.71 ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ คิดเป็นร้อยละ 41.97 และนักศึกษาส่วนใหญ่มีความบกพร่องน้อยที่สุดในขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา คิดเป็นร้อยละ 32.31

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานงานวิจัยไว้ว่า นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยแยกพิจารณาดังนี้

2.1 แสดงในรูปความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา แสดงได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงความถี่และค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา

ความบกพร่องในขั้นต่าง ๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	เพศ			
	ชาย (N=42)		หญิง (N=7)	
	f	%	f	%
ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา	406	32.22	62	29.52
ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์	524	41.59	86	40.95
ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	573	45.48	101	48.10
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้	378	45.00	67	47.86
ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	576	45.71	102	48.57
รวม	2,457	41.78	418	42.65

จากตาราง 5 เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า เพศชายและเพศหญิง มีความบกพร่องใน
 ขั้นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮล
 เลอร์ไม่แตกต่าง คือ ส่วนใหญ่มีความบกพร่องมากที่สุดในขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ เพศ
 ชายคิดเป็นร้อยละ 45.71 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 48.57 รองลงมาคือขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน
 แก้ปัญหา เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 45.48 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 48.10 ขั้นที่ 4 ขั้น
 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 45.00 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 47.86 ขั้น
 ที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 41.59 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ
 40.95 และส่วนใหญ่มักมีความบกพร่องน้อยที่สุดในขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา เพศชาย คิดเป็น
 ร้อยละ 32.22 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 49.52

2.2 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี
 แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษาแสดงดังตาราง
 6

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี
 แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา

เพศ	N	$\bar{X}$	S.D.	M.D.	df	t	p
ชาย	42	58.74	8.57	0.98	47	0.288	.39
หญิง	7	59.71	6.18				

จากตาราง 6 พบว่า นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์
 ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานงานวิจัยไว้ว่า นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยแยกพิจารณา ดังนี้

3.1 แสดงในรูปความถี่และร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา แสดงได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงความถี่และร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษา

ความบกพร่องในขั้นต่างๆ ของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน					
	เก่ง (N=6)		ปานกลาง(N=14)		อ่อน (N=29)	
	f	%	f	%	f	%
ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา	49	27.22	130	30.95	290	33.33
ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์	61	33.89	159	37.86	390	44.83
ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	67	37.22	182	43.33	421	48.39
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้	43	35.83	121	43.21	281	48.45
ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	70	38.89	186	44.28	426	48.96
รวม	290	34.52	778	39.69	1,808	44.53

จากตาราง 7 เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า กลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลาง มีความบกพร่องในขั้นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาลำดับของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน ส่วนกลุ่มอ่อนแตกต่าง คือ

กลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลาง ส่วนใหญ่มีความบกพร่องมากที่สุดในขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ กลุ่มเก่ง คิดเป็นร้อยละ 38.89 กลุ่มปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 42.28

รองลงมาคือ ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา กลุ่มเก่ง คิดเป็นร้อยละ 37.22 กลุ่มปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 43.33 ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ กลุ่มเก่ง คิดเป็นร้อยละ 35.83 กลุ่มปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 43.21 ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ กลุ่มเก่ง คิดเป็นร้อยละ 33.89 กลุ่มปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 37.86 และส่วนใหญ่มีความบกพร่องน้อยที่สุดในชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา กลุ่มเก่ง คิดเป็นร้อยละ 27.22 กลุ่มปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 30.95

กลุ่มอ่อน ส่วนใหญ่มีความบกพร่องมากที่สุดในชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ 48.96 รองลงมาคือ ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ คิดเป็นร้อยละ 48.45 ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 48.39 ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ คิดเป็นร้อยละ 44.83 และส่วนใหญ่มีความบกพร่องน้อยที่สุดในชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา คิดเป็นร้อยละ 33.33

3.2 เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	1,164.17	2	582.08	12.87	.00
ภายในกลุ่ม	2,081.10	46	45.24		
รวม	3,245.26	48			

จากตาราง 8 พบว่า นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe' s Method) แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์โดยจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยวิธีของเชฟเฟ

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	กลุ่มเก่ง ($\bar{x} = 48.50$)	กลุ่มปานกลาง ($\bar{x} = 55.79$)	กลุ่มอ่อน ($\bar{x} = 62.52$)
กลุ่มเก่ง ($\bar{x} = 48.50$)	-		
กลุ่มปานกลาง ($\bar{x} = 55.79$)	7.29	-	
กลุ่มอ่อน ($\bar{x} = 62.52$)	14.02*	6.73*	-

* นัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 9 พบว่า นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน มีความบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกันจำนวน 2 คู่ คือ กลุ่มเก่งแตกต่างกับกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มปานกลางแตกต่างจากกลุ่มอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง ไม่มีความแตกต่าง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องนี้ สรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกัน
2. นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จากประชากรทั้งหมด โดยเลือกนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้ 49 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็น แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้า ที่มุ่งศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ทั้ง 5 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นตอนิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นตอนการตามแผนที่วางไว้ และขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้า จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจนับความถี่ของ

ข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอนของแต่ละข้อ และหาข้อร้องเรียนของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานด้วยการใช้การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ บกพร่องมากที่สุดคือ คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา บกพร่องมากที่สุดคือ เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ บกพร่องมากที่สุดคือ คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ บกพร่องมากที่สุดคือ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ และขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา บกพร่องมากที่สุดคือ เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยคือ ขั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ

3. นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของเชฟเฟ พบว่าแตกต่างกันจำนวน 2 คู่ คือ กลุ่มเก่ง แตกต่างกับกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มปานกลางแตกต่างจากกลุ่มอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง ไม่มีความแตกต่าง โดยกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยคือ ขั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ส่วนกลุ่มอ่อน เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยคือ ขั้นที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า มีประเด็นสำคัญที่จะนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตยส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มากที่สุด 3 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายในแต่ละด้านดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ บกพร่องมากที่สุดคือ คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่คือ นักศึกษาขาดความรอบคอบ คิดว่าตนเองมีความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหา เร่งรีบในการทำโจทย์ โดยไม่มีการตรวจสอบคำตอบว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ สอดคล้องกับวิล อูปันท์ (2544: 62) ที่กล่าวว่าในการคิดคำนวณหาคำตอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มักสาเหตุมาจากความสะเพร่าในการคิดคำนวณและการเขียนตัวเลขที่ผิดของผู้เรียน และสอดคล้องกับ Colgan (1991: 55) ที่วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้ไขโจทย์ในวิชาคณิตศาสตร์(Finite Mathematics) ของนักศึกษา พบว่านักศึกษากบพร่องในด้านการขาดความรอบคอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้โจทย์ปัญหา บกพร่องมากที่สุดคือ เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ต้องแปลงโจทย์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ และตัวแปร เพื่อนำไปหาสมการที่เกี่ยวข้องมาแก้โจทย์ปัญหา ถึงแม้ว่านักศึกษาจะเข้าใจคำที่ปรากฏในโจทย์ปัญหาหรือสามารถอธิบายความหมายของสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ แต่นักศึกษาไม่สามารถแปลงโจทย์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ และตัวแปรได้ จึงทำให้การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไม่ประสบความสำเร็จ สอดคล้องกับ Ong & Lim (1987:199-205) ที่ได้ศึกษาข้อผิดพลาดในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศสิงคโปร์ พบว่านักเรียนจำนวนมากที่มีอายุระหว่าง 15-16 ปี ไม่สามารถแก้โจทย์ฟิสิกส์ได้ง่ายๆได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจในการใช้ตัวอักษรแทนตัวแปรหรือค่าคงที่ สอดคล้องกับ อุบลวรรณ อ่อนตะวัน (2551 : 58-59) ที่วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนกลุ่มสาระวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการและการ

แก้สมการ พบว่า นักเรียนมีความบกพร่องในด้านเขียนสมการผิด และไม่สามารถเขียนสมการได้ และสอดคล้องกับลำแพง วงศ์คำจันทร์ (2557 : 103-108) ที่ศึกษาข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง พบว่า นักเรียนจะมีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ที่มีความซับซ้อน และนำสูตรการคำนวณไปใช้ไม่เป็น

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ บกพร่องมากที่สุดคือ คำวนค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่คือ นักศึกษามีส่วนมากมีพื้นฐานความรู้เดิมไม่ดีพอ พิจารณาได้จากคะแนนวิชาทางการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นวิชาคณิตศาสตร์หรือวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่เป็นอุปสรรคในการคำนวณในวิชาฟิสิกส์ โดยนักศึกษขาดความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับหลักการสูตร กฎ ต่างๆ ความเข้าใจพื้นฐานในการแก้สมการที่ไม่ถูกต้องแล้วนำมาประยุกต์ใช้ในเนื้อหาอื่นๆที่คล้ายกัน จึงส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องดังกล่าวขึ้นมา สอดคล้องกับ สุพรรณ วีระสอน (2551 : 105-107) ที่ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการ และวิเคราะห์จุดบกพร่องที่นักเรียนตอบผิดในแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ฉบับ พบว่า นักเรียนมีจุดบกพร่องในการหาคำตอบของสมการ โดยส่วนใหญ่การแก้สมการทางคณิตศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ด้วย

ส่วนขั้นที่นักศึกษาส่วนใหญ่มีความถี่ของการบกพร่องน้อยที่สุด คือขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา โดยบกพร่องมากที่สุดในส่วนของการเลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้เนื่องจาก ขั้นตอนนี้ค่อนข้างง่ายไม่ยากนัก นักศึกษาสามารถพิจารณาจากโจทย์และสามารถตีความจากโจทย์ได้เลย โดยไม่ต้องคิดซับซ้อน เนื่องจากโจทย์จะระบุว่าการให้หาค่าของอะไร

2. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักศึกษาเพศชาย และเพศหญิง มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักศึกษาส่วนใหญ่ที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ไม่ว่าเพศหญิงหรือเพศชาย จะมีพื้นฐานทางด้านการคำนวณใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ จตุพร แสนเมืองชิน (2551 : 135) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบข้อบกพร่องของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชาย พบว่าไม่แตกต่างกัน

3. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีข้อบกพร่องมากที่สุดในชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดในชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาไม่ว่าจะเป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไม่ต่างกัน ซึ่งต่างก็มีข้อบกพร่องในพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เหมือนกัน โดยความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์นี้จะมีส่วนช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้สำเร็จ สอดคล้องกับ Perdikaris (2010 อ้างถึงใน จุฑามาศ กันทา.2557: 41-56) กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญในการที่จะพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ และตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการแก้โจทย์ปัญหา คือ ทักษะการแปลงภาษาโจทย์เป็นภาษาคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และสอดคล้องกับ ชลธิชา ใจพนัส (2556 : 77-83) ที่ศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการเปลี่ยนภาษาโจทย์เป็นภาษาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคำนวณ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

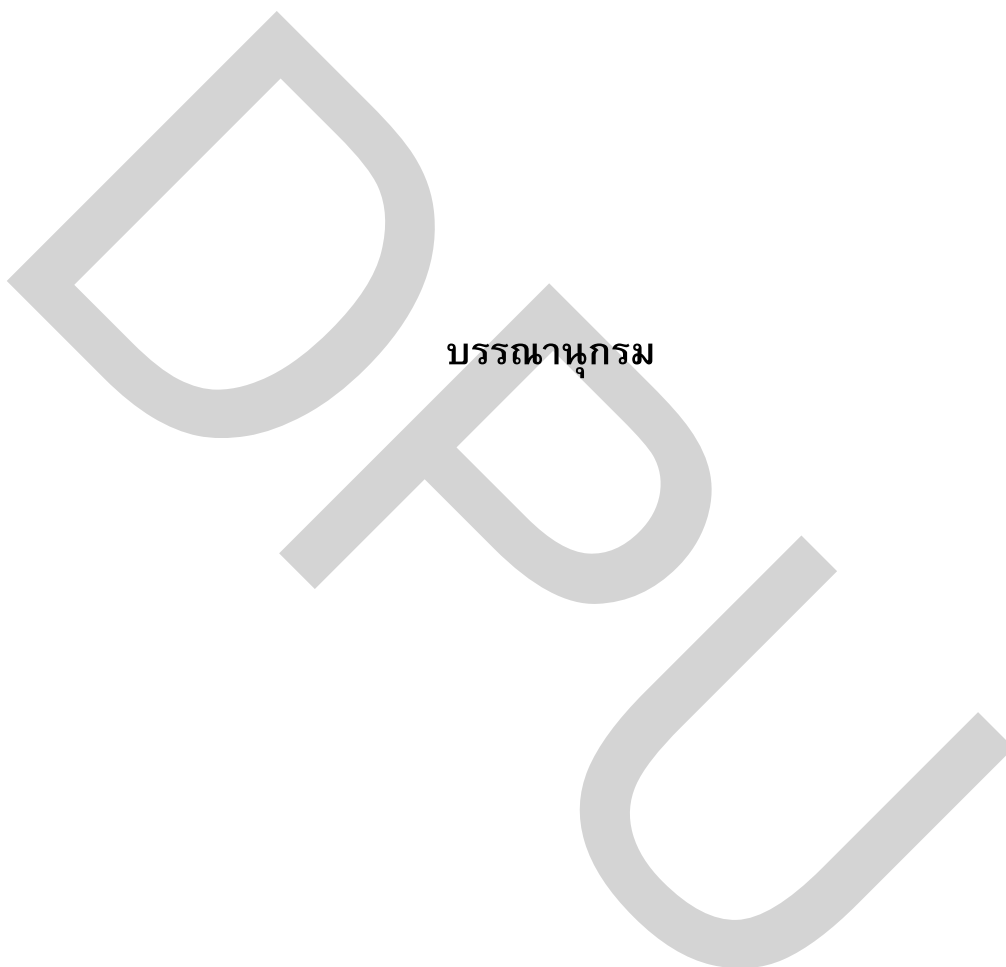
1.1 ควรนำผลการวิจัยไปวางแผนปรับปรุงการเรียนการสอน ในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 จากผลการวิจัยนี้ ทำให้ทราบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผู้สอนอาจใช้วิธีการสอนซ่อมเสริมเพื่อแก้ปัญหข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

2.1 ควรศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อข้อบกพร่องทางการเรียนของนักศึกษา เช่น พื้นฐานทางการเรียน วิธีการสอน และอื่นๆ

2.2 ควรศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางการเรียนของนักศึกษา ในรายวิชาอื่นๆ



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2550). การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
- จักรพันธ์ พิรक्षा. (2553). การเปรียบเทียบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของ Polya กับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น.ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.ถ่ายเอกสาร.
- จตุพร แสนเมืองชิน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละสำหรับนักศึกษาช่วงชั้นที่ 3 .มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- จุฑามาศ กันทา. (2557).ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดพิจิตร .วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ,4(6) :77-83.
- ชลธิชา ใจพนัส. (2556). ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.
- ดวงเดือน อ่อนนวม. (2542).การสอนซ่อมเสริมคณิตศาสตร์.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ทศสุพล ทุมประเสน. (2554). ความสามารถในการแก้ปัญหาและการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ใน
ชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนวริยสัจสี่ของ
พระพุทธเจ้า. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ถ่ายเอกสาร.
- ทิตนา แคมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญกร ช่วยทุกข์เพื่อน.(2553). ปัจจัยและลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบ
ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.ถ่ายเอกสาร.
- นิตยาภรณ์ ศรีภาแลว. (2557). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน วิชา
วิทยาศาสตร์ 5 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.มหาสารคาม :
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด.(2545). การวิจัยเบื้องต้น.พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ ฯ : สุริยาสาน์.
_____. (2553). การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. มหาสารคาม : สุริยาสาน์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ปราณี ยุติธรรม. (2549). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกระบวนการระดม
สมองสร้างมโนทัศน์เรื่องร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ภูเก็ต :
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.ถ่ายเอกสาร.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่าย
เอกสาร.
- พิพัฒน์ สอนพลละ. (2545). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้.
ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.ถ่ายเอกสาร.

- ไพฑูรย์ กองคา. (2554). การศึกษาและการแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน โดยใช้แบบฝึกสอนซ่อมเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.
- มาลา ปาจุวัง. (2542). ข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจักรคำคณาทร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพิน พวงจันทร์. (2557). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 . มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- _____. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- ลำแพน วงศ์คำจันทร์. (2557). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- วรณัฐ มาตระกูล. (2551). การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุนวิทยาคม จังหวัดพะเยา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- วัลลภา เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2544). การพัฒนาการเรียนการสอนทางการอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุดมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิไล อุปนันท์. (2544). การศึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดศิริกัณฑ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล. (2552). การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองแพร่ จังหวัดแพร่. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ศิริรัตน์ ศิริวิโรจน์สกุล. (2551). การเปรียบเทียบผลการสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ระหว่าง การสอนด้วยโครงงานและการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน : งานวิจัยเชิงทดลองที่มีชั้นการวินิจฉัยข้อบกพร่องเป็นตัวแปรปรับ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2544). สารและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมใจ ภูครองทุ่ง. (2553). การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จากแบบฝึกหัดเรื่อง ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

สุพรรณ วีระสอน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

โสภณิลัย สุวรรณ. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

อุบลวรรณ อ่อนตะวัน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย เรื่อง สมการและการแก้สมการในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Ahmann, Stanley J . and Marvin D. Glock . (1967). *Evaluation Growth Principle of Tests and Measurement* . 3 rd ed . Boston : Allyn and Bacon.

Ashworth , Allan. And R.C. Harvey. (1994). *Assessing in Future and Higher Education*. London : Jessica Kingsley Publisher.

- Best, John W. (1989). *Research in Education*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice – Hall.
- Bloom, B.S. (1981). *Evaluation to Improve Learning*. New York : McGraw-Hill.
- Bloom, B.S. Thomas J. Hastings and George F. Madaus. (1973). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : McGraw-Hill.
- Colgan, M.D. (1991). "An Analysis of Problem-solving Errors Made Throughout a College-level Finite Mathematics Course". *Dissertation Abstracts International*. 53:55- A.
- Ellies , Arthur K. and Hurs. (2002). *Introduction to the Foundations of Education*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Feljone, G. Ragma. (2014). *Error Analysis in College Algebra in the Higher Education Institutions of La Union*. Retrieved June 25, 2015, from <http://www.slideshare.net/feljrhone>.
- Gaigher, E., Rogan, J.M. and Braun, M.W.H. (2007). Exploring the Development of Conceptual Understanding through Structured Problem-solving in Physics. *International Journal of Science Education*. 29 : 1089-1110.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Gronlund, N.E. (1976). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 3rd ed. New York: Macmillan and Publishing.
- Heller, K. and Heller, P. (2000). *The Competent Problem Solver for Introductory Physics*. New York : Primis Custom Publishing.
- Leonard, H. C. & Irving S. S. (1991). *Secondary and middle school teaching methods*. (6th ed.). New York : Macmillan Publishing Company.
- Nitsa Movshovite-Harde, N. Zaslavsky, O & Inbar, S.. (1987). An Empirical Classification Model for Errors in High School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education* : 18(1) 25-38.
- Ong S.T. and Lim S.K. (1987). "Understanding and Error in Algebra". Proceedings of Forth Southeast Asian Conference on Mathematical Education. 1987 : 199-205.

Orhun, N. and Orhun, O. (2001). *Mathematical Mistakes of Solving Physics Problems*.

Anadolu University, 26470 Eskisehir Turkey : 288-289.

Stollburg, R. J. (1986). "Problem Solving, The Process Games in Science Teaching." *The Science Teacher*. 23 (September) : 41.

Taba, Hilda. (1962). *Curriculum Development : Theory and Practice*. New York : Harcourt, Brace.

DRU

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม | รองคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สถาบันการพลศึกษา |
| 2. ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ | อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 3. ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ | อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) |

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

วิชา ฟิสิกส์ 2 (PH202)
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์
เวลาการสอน 1.5 ชั่วโมง

ความคิดรวบยอด

1. ไฟฟ้าสถิต (Static electricity หรือ Electrostatics) เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากัน และไม่เคลื่อนที่ (จึงเรียกว่า สถิต) จนกระทั่งมีการถ่ายเทประจุ หรือเกิดการไหลของอิเล็กตรอน กลายเป็นไฟฟ้ากระแส ปกติจะแสดงในรูปการดึงดูดหรือการผลักกัน แต่ไม่เกิดประกายไฟ
2. ประจุไฟฟ้า เป็นคุณสมบัติพื้นฐานถาวรหนึ่งของอนุภาคซึ่งเล็กกว่าอะตอม (subatomic particle) เป็นคุณสมบัติที่กำหนดปฏิกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า สารที่มีประจุไฟฟ้านั้นจะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะเดียวกันก็จะได้รับผลกระทบจากสนามด้วยเช่นกัน ปฏิกิริยาตอบสนองระหว่างประจุและสนาม เป็นหนึ่งในสี่ของแรงพื้นฐาน เรียกว่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้า

ความรู้พื้นฐานเดิม

ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือประจุบวก และประจุลบ ซึ่งประจุชนิดเดียวกันจะส่งแรงผลักซึ่งกันและกัน ส่วนประจุต่างชนิดกันจะส่งแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน

ขอบข่ายเนื้อหา

1. ประจุไฟฟ้า
2. แรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถ

1. บอกความหมายเกี่ยวกับประจุไฟฟ้า และแรงระหว่างประจุไฟฟ้า
2. อธิบายความหมายของการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้

3. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ระยะระหว่างประจุ และปริมาณประจุไฟฟ้า ที่เกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์ได้
4. กำหนดหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์ได้
5. วิเคราะห์และประเมินค่าสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

เนื้อหาสาระ

1. **ประจุไฟฟ้า(Electric Charge)** สรุปสมบัติสำคัญของประจุไฟฟ้าได้ดังนี้ คือ

(1) ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุบวกและประจุลบ โดยประจุชนิดเดียวกัน ส่งแรงผลักระหว่างกันและประจุต่างชนิดกันส่งแรงดึงดูดกระทำต่อกัน

(2) ประจุไฟฟ้ามีสมบัติอนุรักษ์

(3) ปริมาณประจุไฟฟ้ามีค่าไม่ต่อเนื่อง

ตัวนำไฟฟ้า คือวัตถุที่ยอมให้กระแสผ่านได้ดี เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก ส่วนฉนวนไฟฟ้า คือ วัตถุที่ยอมให้กระแสผ่านได้ไม่ดี เช่น ยาง พลาสติกไม้

การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้ามี 2 วิธีคือ

(1) โดยการสัมผัส

(2) โดยการเหนี่ยวนำ

2. **กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law)** คูลอมบ์ สรุปว่าแรงทางไฟฟ้าระหว่างวัตถุที่มีประจุซึ่งมีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับระยะห่างระหว่างวัตถุที่มีประจุทั้งสอง หรือ จุดประจุ (Point Charge) คู่หนึ่งๆ มีสมบัติดังนี้

(1) แรงไฟฟ้า (F) ระหว่างจุดประจุคู่หนึ่งๆ มีขนาดเป็นสัดส่วนกลับกำลังสองของระยะห่าง (r) ระหว่างจุดประจุทั้งสอง และมีแนวกระทำอยู่ในแนวเส้นตรงเชื่อมต่อยอดระหว่างตำแหน่ง ของจุดประจุทั้งสองแต่มีทิศตรงกันข้าม (คือเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผันและกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน)

(2) แรงไฟฟ้าระหว่างประจุคู่หนึ่งๆ มีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของปริมาณประจุของจุดประจุทั้งสอง (q_1 และ q_2)

จึงสรุปได้ว่า $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ เรียกว่ากฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law) จากผลที่ได้สามารถ

เขียนสมการแสดงความขนาดของแรงไฟฟ้าระหว่างประจุคู่หนึ่งๆ ได้เป็น $\vec{F} = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$ เมื่อ q_1 และ q_2

คือ ขนาดของประจุ r คือ ระยะห่างระหว่างประจุ และ k เป็นค่าคงที่เรียกว่าค่าคงที่คูลอมบ์

(Coulomb Constant) $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ เมื่อ $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$

คือ ค่าเพอร์มิตติวิตีของสุญญากาศ

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1. การบรรยายและยกตัวอย่างเนื้อหาประกอบสื่อการสอน (45 นาที)

1.1 ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำถาม/ปัญหาที่ว่า

- เหตุการณ์/ข่าว ที่ผู้เรียนเคยประสบมาเกี่ยวกับฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฟ้าผ่า ส่งผล

ต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

1.2 ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งผู้สอนอภิปรายร่วมกับผู้เรียน

1.3 ผู้สอนบรรยายและยกตัวอย่างเนื้อหาประกอบสื่อการสอน เกี่ยวกับ

1) ประจุไฟฟ้า

2) แรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

2. ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ชักถามข้อสงสัย พร้อมทั้งผู้สอนอภิปรายร่วมกับผู้เรียน

(15 นาที)

3. การทำโจทย์ตัวอย่างในชั้นเรียน (30 นาที)

3.1 ผู้เรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มย่อยๆ 4-5 คน

3.2 ตัวแทนกลุ่ม รับใบงานสำหรับการทำโจทย์ในเรื่อง ประจุไฟฟ้า แรงไฟฟ้า และ

กฎของคูลอมบ์

3.3 ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้อง และเพิ่มเติมกรณีที่ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน

3.4 ผู้สอนและผู้เรียนสรุปเนื้อหาพร้อมกัน

2. สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการสอน

2. สื่อการสอน Power Point

3. แบบฝึกหัดใบงาน

3. การวัดและการประเมินผล

1. การแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน
2. การตอบคำถามท้ายบทเรียน
3. การอภิปรายแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน
4. การสอบไล่ประจำภาคการศึกษา

4. แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง เช่น

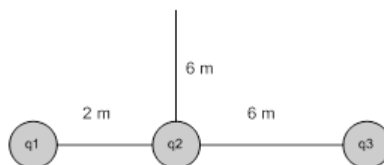
- <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/53/Lighting/index2.htm>

แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้ แบ่งเป็น 3 ชุดดังนี้
ชุดที่ 1 เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 5 ข้อ
ชุดที่ 2 เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 ข้อ
ชุดที่ 3 เรื่องทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น จำนวน 3 ข้อ
2. แบบวัดทุกข้อเป็นแบบอัตนัย
3. ให้นักศึกษาแสดงวิธีทำอย่างละเอียด ตามขั้นตอนที่กำหนดให้
4. ถ้าพบปัญหาใดๆให้สอบถามอาจารย์ผู้คุมสอบ

1. จุดประจุ $q_1 = +3\ \mu\text{C}$, $q_2 = -2\ \mu\text{C}$ และ $q_3 = 5\ \mu\text{C}$ วางตัวอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังรูป จงหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุด E



1.1 เขียนภาพ และข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้

1.2 โจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

1.3 หลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

1.4 สร้างแผนภาพ เขียนตัวแปรที่ทราบค่า และตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ในรูปแบบของสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์

1.5 ระบุตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบ (สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์)

1.6 สมการหลักในการหาคำตอบ และหลักการที่นำมาใช้

1.7 สมการที่เกี่ยวข้อง และตัวแปรที่ไม่ทราบค่า โดยระบุสัญลักษณ์และค่าให้ชัดเจน

1.8 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ ว่ามีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าที่ตัว และสมการที่นำมาใช้มีที่สมการ อะไรบ้าง

.....

.....

1.9 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ อธิบายเป็นขั้นตอน

.....

.....

1.10 การแทนค่าตัวแปรลงในสมการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

1.11 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ พร้อมกับตรวจสอบหน่วย

.....

.....

1.12 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่นอยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถาม

.....

.....

1.13 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

1.14 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามที่โจทย์ถามหรือไม่

.....

.....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ดร.ธันยากร ชื่อ-สกุล ช่วยทุกข์เพื่อน

เกิดวันที่ 20 เดือน กันยายน พุทธศักราช 2521

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

คุณวุฒิ

กศ.บ. วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กศ.ม. วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา-ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ