

การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธี

แก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาระดับ

ปริญญาตรี : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธรรมาภิบาล

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

ผู้วิจัย

ธันยากร ชูวยทุกษ์เพื่อน¹

Thunyakorn Chuaytukpuan¹

thunyakorn.chu@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์และเปรียบเทียบข้อบกพร่องโดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมาภิบาลที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 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 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้โจทย์ ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา

2. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน เรียงลำดับข้อบกพร่องจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ

3. นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ พบว่า กลุ่มเก่ง แตกต่างกับกลุ่มอ่อน และกลุ่มปานกลางแตกต่างจากกลุ่มอ่อน แต่กลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง ไม่มีความแตกต่าง โดยกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง เรียงลำดับข้อบกพร่องจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ส่วนกลุ่มอ่อน เรียงลำดับข้อบกพร่องจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

¹อาจารย์ประจำ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมาภิบาล

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 have 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.

Keyword : Problem Solving Process Deficiencies in Physics, Heller and Heller's Logical Problem Solving Strategy

บทนำ

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

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักศึกษาที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ จะต้องมีพื้นฐานวิชานี้เป็นอย่างดี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนทางสายวิชาชีพต่อไป แต่วิชาฟิสิกส์นั้นต้องอาศัยพื้นฐานในการคำนวณเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในกฎเกณฑ์

ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรม ทำให้นักศึกษาประสบปัญหาเกี่ยวกับการเรียนเป็นอย่างมาก และการนำความรู้ในวิชาฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่นนั้น เนื้อหา มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันในแต่ละเรื่อง มีทั้งในส่วนของทฤษฎี การคำนวณ และการประยุกต์ใช้ ผสมผสานกันอยู่ ซึ่งถ้าหากนักศึกษาเกิดปัญหาในการทำความเข้าใจในส่วนใดส่วนหนึ่ง ก็จะเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในเรื่องนั้นๆ และจะส่งผลกระทบต่อวิชาฟิสิกส์ในเรื่องอื่นๆ ด้วย อีกทั้งในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจากประสบการณ์ด้านการสอนของผู้วิจัยที่สอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับอุดมศึกษา พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขาดความเข้าใจในบทเรียนอย่างต่อเนื่อง ขาดทักษะการคิดคำนวณ เมื่อพบโจทย์ปัญหาที่แตกต่างจากในชั้นเรียน นักศึกษาไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง และทำให้นักศึกษาเกิดความรู้สึกว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ขาดความเชื่อมั่นในตนเอง และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทั้งที่วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการเรียนในสาขาวิชาทางคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งผู้วิจัยพบว่านักศึกษาแต่ละคนจะมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างด้วยกัน เช่นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาเพศ ฯลฯ ซึ่งเป็นการยากต่อผู้สอนในการที่จะทราบและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของนักศึกษาได้ทั่วทุกคน หากมีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน ก็จะเป็นการง่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการแก้โจทย์ปัญหานั้นมีนักวิชาการได้ศึกษาและคิดค้นไว้หลายท่านด้วยกัน ซึ่งผู้วิจัยพบว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน มีการเน้นที่หลักการทางฟิสิกส์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เน้นการตรวจสอบหน่วยการใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางสำหรับเขียนแผนภาพ

เหมาะสมสำหรับการนำมาตรวจสอบข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller and Heller, 2000) มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem)

เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนขึ้นโดยการอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่โจทย์กำหนดให้

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

จากขั้นตอนข้างต้นจะเห็นว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักศึกษาสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและมีความชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าหากพบข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษา โดยการแยกพิจารณาตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเพศ และพิจารณาข้อบกพร่องหลักๆ ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาคือการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาได้

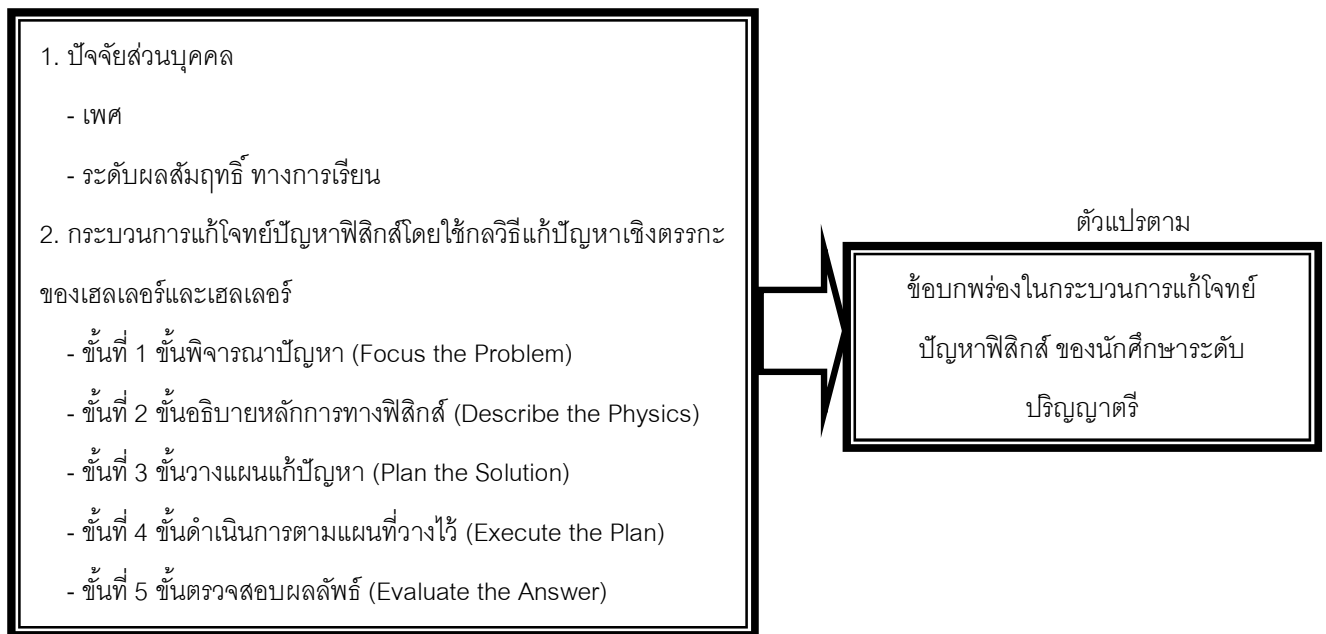
จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาว่ามีข้อบกพร่องในขั้นตอนใดบ้างในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ อีกทั้งนักศึกษามีระดับผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ที่แตกต่างกัน จะมีข้อบกพร่องในขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันหรือไม่เพื่อจะได้เป็นแนวทางแก่ผู้สอนในการช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักศึกษาต่อไป ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษานำความรู้ทางด้านวิชาฟิสิกส์ไปเป็นพื้นฐานสำหรับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี

กรอบแนวคิดงานวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวม ผู้วิจัยจึงนำมาเป็นกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังภาพประกอบ 1

ตัวแปรต้น



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ต่างกัน
2. นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 215 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ในภาคเรียนที่ 2 โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน

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. ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามปัจจัยด้านระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบระดับคะแนนของนักศึกษาจากฝ่ายทะเบียนและประมวลผล ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต 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

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ 1. ปัจจัยส่วนบุคคล

- เพศ
- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. กระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตัวแปรตาม คือ ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้แบบวัดกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบวัดแบบอัตนัย ใช้วัดผลในด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ เรื่องไฟฟ้า ประกอบด้วย ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่เป็นหัวข้อในรายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา PH202 ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตจำนวน 10 ข้อ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบวัด

1. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางทฤษฎีจากเอกสารที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และกลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาตามขั้นที่ 1 และ การศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อนำมาประมวลเป็นหลักในการสร้างแบบวัดแบบอัตนัย เรื่องไฟฟ้า ซึ่งจำนวนข้อที่ออกในแต่ละเรื่องขึ้นอยู่กับความยากง่ายของเนื้อหาและจุดประสงค์ ตามหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์ 2 ได้ข้อสอบวัดกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทั้งหมด 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ชุด คือ 1) แบบวัดกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ 2) แบบวัดกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 5 ข้อ 3) แบบวัดกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น จำนวน 5 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะมุ่งศึกษาระบบการแก้ไขโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน แบบวัดนี้จะให้คะแนนเป็น 2 ระดับในแต่ละขั้นตอน คือ 0 คะแนน เมื่อนักศึกษาไม่สามารถตอบได้

ถูกต้อง 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 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจให้คะแนน จากนั้นนำแบบวัดมาหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด. 2545) โดยแบบวัดมีความยากง่ายรายข้อตั้งแต่ 0.22-0.74 และมีอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.24-0.53

5. นำคะแนนของแบบวัดที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยพิจารณาจากคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจให้คะแนน โดยใช้สถิติเบื้องต้นโดยการหาสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 68-73) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.71-0.75

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

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้กับ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 (PH202) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 49 คน ซึ่งผู้วิจัย เป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับ นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบวัดกระบวนการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้า เพื่อนำไปประเมินผลในขั้น ต่อไป

3. การตรวจแบบวัด ผู้วิจัยมีเกณฑ์ในการ ตรวจให้คะแนนในแต่ละขั้นตอนที่นักศึกษาได้ทำ โดย หากขั้นตอนใดนักศึกษาไม่แสดงวิธีทำ ทำผิดหรือ บกพร่องเป็นบางส่วน ก็จะถือว่านักศึกษาได้บกพร่องใน ขั้นตอนนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจนับ ความถี่ของข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอนของแต่ละข้อ และ หาค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความบกพร่องในขั้นตอน ต่างๆของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของแต่ละข้อ โดยใช้สูตร

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

เมื่อ E คือ ค่าร้อยละของนักศึกษาที่มีความ บกพร่องในขั้นตอนต่างๆของแต่ละข้อ

N_E คือ จำนวนนักศึกษาที่มีความ บกพร่องในแต่ละขั้นตอนของแต่ละข้อ

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมดที่ทำ แบบทดสอบ

2. เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยจำแนกตามเพศของนักศึกษาโดย การทดสอบค่าที (t - test for Independent Samples)

3. เปรียบเทียบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน ของนักศึกษา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ทิศทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) เมื่อพบ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีเชฟเฟ (Scheffe' s Method)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องใน กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหา เจริญตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมาก ที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ บกพร่องมากที่สุดคือ คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตาม ลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน แก้ปัญหา บกพร่องมากที่สุดคือ เขียนสมการที่เกี่ยวข้อง กับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่ วางไว้ บกพร่องมากที่สุดคือ คำนำวนค่าตัวแปรที่ต้องการ หาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 2 ขั้น อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ บกพร่องมากที่สุดคือ แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการ หาคำตอบ และขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา บกพร่องมาก ที่สุดคือ เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ โจทย์ปัญหา

2. นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องใน กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหา เจริญตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ขั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ

3. นักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน แตกต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเจริญตรรกะของเฮลเลอร์และ เฮลเลอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็น รายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe' s Method) พบว่า แตกต่างกันจำนวน 2 คู่ คือ กลุ่มเก่ง แตกต่างกับกลุ่ม อ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่ม

ปานกลางแตกต่างจากกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางไม่มีความแตกต่าง โดยกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ส่วนกลุ่มอ่อน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า มีประเด็นสำคัญที่จะนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มากที่สุด 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพท์ ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญห และชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายในแต่ละด้านดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพท์ บกพร่องมากที่สุดคือ คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่คือ นักศึกษาขาดความรอบคอบ คิดว่าตนเองมีความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหา เร่งรีบในการทำโจทย์ โดยไม่มีการตรวจสอบคำตอบว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ สอดคล้องกับวิล โอุปนันท์ (2544: 62) ที่กล่าวว่าในการคิดคำนวณหาคำตอบ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มักมีสาเหตุมาจากความสะเพร่าในการคิดคำนวณและการเขียนตัวเลขที่ผิดของผู้เรียน และสอดคล้องกับผลวิจัยของ Colgan (1991: 55) ที่วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้ไขโจทย์ในวิชาคณิตศาสตร์(Finite Mathematics) ของนักศึกษา พบว่านักศึกษากบพร่องในด้านการขาดความรอบคอบ

ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญห บกพร่องมากที่สุดคือ เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต้องแปลงโจทย์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ และตัวแปร

เพื่อนำไปหาสมการที่เกี่ยวข้องมาแก้โจทย์ปัญหา ถึงแม้ว่านักศึกษาจะเข้าใจคำที่ปรากฏในโจทย์ปัญหา หรือสามารถอธิบายความหมายของสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ แต่นักศึกษาไม่สามารถแปลงโจทย์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ และตัวแปรได้ จึงทำให้การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ Ong & Lim (1987:199-205) ที่ได้ศึกษาข้อผิดพลาดในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศสิงคโปร์ พบว่านักเรียนจำนวนมากที่มีอายุระหว่าง 15-16 ปี ไม่สามารถแก้ปัญหาฟิสิกส์ได้ง่ายๆ ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจในการใช้ตัวอักษรแทนตัวแปรหรือค่าคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับ ผลวิจัยของอุบลวรรณ อ่อนตะวัน (2551 : 58-59) ที่ได้วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมการและการแก้สมการ พบว่า นักเรียนมีความบกพร่องในด้านเขียนสมการผิด และไม่สามารถเขียนสมการได้ สอดคล้องผลวิจัยของกับลำแพง วงศ์คำจันทร์ (2557 : 103-108) ที่ศึกษาข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง พบว่านักเรียนจะมีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ที่มีความซับซ้อน และนำสูตรการคำนวณไปใช้ไม่เป็น และสอดคล้องกับผลวิจัยของ ชาญวิทย์ คำเจริญ (2550 : 27) การตีความในโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และนิยามของตัวแปรที่โจทย์ถามมีผลต่อความสามารถในการถ่ายโอนความรู้มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพราะสังเกตได้จากตัวแปรในโจทย์ต้องการทราบถ้านักศึกษาทราบนิยามของตัวแปรนั้นว่ามาได้อย่างไร นักศึกษาก็จะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้นั้นๆ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ บกพร่องมากที่สุดคือ คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่คือ นักศึกษาส่วนมากมีพื้นฐานความรู้เดิมไม่ดีพอ พิจารณาได้จากคะแนนวิชาทางด้านการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นวิชาคณิตศาสตร์หรือวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่เป็น

อุปสรรคในการคำนวณในวิชาฟิสิกส์ โดยนักศึกษาขาดความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับหลักการ สูตร กฎ ต่างๆ ความเข้าใจพื้นฐานในการแก้สมการที่ไม่ถูกต้องแล้วนำมาประยุกต์ใช้ในเนื้อหาอื่นๆ ที่คล้ายกัน จึงส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องดังกล่าวขึ้นมา ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ สุพรรณ วีระสอน (2551 : 105-107) ที่ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการ และวิเคราะห์จุดบกพร่องที่นักเรียนตอบผิดในแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ฉบับ พบว่า นักเรียนมีจุดบกพร่องในการหาคำตอบของสมการโดยส่วนใหญ่การแก้สมการทางคณิตศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ด้วย

ส่วนชั้นที่นักศึกษาส่วนใหญ่มีความถี่ของการบกพร่องน้อยที่สุด คือชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา โดยบกพร่องมากที่สุดในส่วนของการเลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้เนื่องมาจากชั้นตอนนี้ค่อนข้างง่ายไม่ยากนัก นักศึกษาสามารถพิจารณาจากโจทย์และสามารถตีความจากโจทย์ได้เลยโดยไม่ต้องคิดซับซ้อน เนื่องจากโจทย์จะระบุว่าต้องการให้หาค่าของอะไร

2. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักศึกษาเพศชาย และเพศหญิง มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักศึกษาส่วนใหญ่ที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ไม่ว่าเพศหญิงหรือเพศชาย จะมีพื้นฐานทางด้านการคำนวณใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ จตุพร แสงเมืองชิน (2551 : 135) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบข้อบกพร่องของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชาย พบว่าไม่แตกต่างกัน

3. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีข้อบกพร่องมากที่สุดที่ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดในชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา ซึ่งผลการวิจัยใน

ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาไม่ว่าจะเป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไม่ต่างกัน ซึ่งต่างก็มีข้อบกพร่องในพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เหมือนกัน โดยความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์นี้จะมีส่วนช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้สำเร็จ สอดคล้องกับ Perdikaris (2010 อ้างถึงใน จุฑามาศ กันทา. 2557: 41-56) กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญในการที่จะพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ และตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการแก้โจทย์ปัญหา คือ ทักษะการแปลงภาษาโจทย์เป็นภาษาคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และสอดคล้องกับผลวิจัยของ ชลธิชา ใจพนัส (2556 : 77-83) ที่ศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการเปลี่ยนภาษาโจทย์เป็นภาษาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคำนวณ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรนำผลการวิจัยไปวางแผนปรับปรุงการเรียนการสอน ในรายวิชาฟิสิกส์ โดยพิจารณาแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ผลการวิจัยนี้ ทำให้ทราบข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผู้สอนอาจใช้วิธีการสอนซ่อมเสริมเพื่อแก้ปัญหาคือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อข้อบกพร่องทางการเรียนของนักศึกษา เช่น พื้นฐานทางการเรียนวิธีการสอน และอื่นๆ

2. ควรศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคำนวณอื่นๆ เช่น วิชาในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- จตุพร แสนเมืองชิน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักศึกษาช่วงชั้นที่ 3. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- จุฑามาศ กันทา. (2557). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดพิจิตร .วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ, 4(6) :77-83.
- ชลธิชา ไจพน์ส. (2556). ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชาญวิทย์ คำเจริญ. (2550). การศึกษาการใช้เวกเตอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 1. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทีศนา แชมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2553). ปัจจัยและลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ ฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ลำแพง วงศ์คำจันทร์. (2557). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาสารคาม :มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วีไล อุปันนท์. (2544). การศึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดศิริกันทร จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สุพรรณ วีระสอน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1.มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อุบลวรรณ อ่อนตะวัน. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย เรื่อง สมการและการแก้สมการในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Colgan, M.D. (1991). "An analysis of problem-solving errors made throughout a college-level finite mathematics course". Dissertation Abstracts International.53:55- A.
- Heller, K. and Heller, P. (2000). The competent problem solver for introductory physics. New York : Primis Custom Publishing.
- 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.