

## การพัฒนาชุดทดลองสำหรับเรียนภาคปฏิบัติการ รายวิชา PHY 136:

### ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

## Development of the Experimental Set of PHY 136: Life Science Physics on Doppler Effect

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

Corresponding author, E-mail: kanchanprasert@gmail.com, โทร. 089-4788367

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดทดลองสำหรับเรียนภาคปฏิบัติการ รายวิชา PHY 136: ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5% (2) เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น และ (3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพภาคปฏิบัติการ(PHY136) สำหรับวิทยาลัยแพทยศาสตร์ภาคเรียนที่ 2/2558 จำนวน 90 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling group) เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบแบบอัตนัยเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่มีค่าความยาก (Item Difficulty : Pi) อยู่ระหว่าง 0.78-0.83 อำนาจจำแนกหรือดัชนีความไว (Sensitivity Index : Si) เท่ากับ 0.49 และ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 ข้อ 2) ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน จำนวน 4 ข้อ และ 3) ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้น จำนวน 3 ข้อ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า

ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาประกอบ 2 ส่วน คือ ภาควควบคุมประกอบด้วยแป้นสวิทช์ (Keypad Switch) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) และภาคแสดงผลประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (HB 100 Sensor) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จอแสดงผลแอลซีดี (LCD display) ชุดทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.4 %

คะแนนการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียน ทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้น และภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30,4.25,4.20 และ 4.25 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

**คำสำคัญ:** ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

## Abstract

The objectives of this research were (1) to develop the Experimental Set of PHY 136: Life Science Physics on Doppler Effect that were the percentage of error less than 5 % , (2) to compare the pretest and posttest scores of the students and (3) to study of the students' satisfactions towards the experimental set. The subjects of the study were 90 first-year medical students purposively chosen from the College of Medicine. They registered in the course "Life Science Physics" during the second semester of academic year 2015. The Experimental Set of Doppler Effect was used as the treatment of this study and the data-collecting instruments were the open-ended questions regarding Doppler Effect and the questionnaires of the students' satisfactions. The item difficulty were between 0.78 - 8.83 and sensitivity index of open-ended questions were 0.49 respectively. The questionnaires consisted of 3 parts: six items in terms of learning, four items regarding the students' behavior, and three items regarding knowledge application. T-test and descriptive statistics were used to analyze the data.

The findings were as follows:

The Experimental Set of Doppler Effect consisted of 2 parts: Keypad Switch, Microcontroller and Stepping Motor were the control part and HB 100 Sensor, Microcontroller and LCD display were the display part. The mean errors of the experimental set of Doppler Effect were 2.4%.

The mean scores of posttest were higher than the pretest at 0.05 level of significance

The mean scores of the students' satisfactions towards the new developed experimental set in terms of learning, students' behaviors, application of knowledge, and overall aspects were 4.30, 4.25, 4.20 and 4.25 respectively, which were regarded as "high" level.

**Keywords:** *the Experimental Set of Doppler Effect, Life Science Physics*

## บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น สามารถค้นหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการนำไปประยุกต์ในวิชาต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ และแพทยศาสตร์ ตลอดจนก่อให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างมากมาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2543, น.9) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจึงกำหนดให้มีการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในทุกระดับการศึกษา แต่จากรายงานผลการศึกษาด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ทั้งในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษาหลายเรื่องพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่มุ่งหวัง และจากการศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดสถานการณ์เช่นนั้น พบว่าปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คือครูและรวมถึงการขาดแคลนทรัพยากรการเรียน ได้แก่ วัสดุการเรียนการสอน วัสดุห้องสมุด และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาต่อไปพบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับครู คือ การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ขาดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งเทคนิควิธีการสอน

วิชาฟิสิกส์นั้นมีหลายรูปแบบ และหนึ่งในหลายรูปแบบนั้น คือ วิธีสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) ที่เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาทฤษฎีจากการปฏิบัติจริง ได้ฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง ให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง (พันศักดิ์ สายแสงจันทร์, 2544; ลือเดช ปิณฑพงศ์, 2553; สุรพล วิหคไพบูลย์, 2543) วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่แสดงเหตุและผลของสมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำให้ความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน เพราะเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นตัวการสำคัญที่นำเอาความรู้และประสบการณ์เข้าไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่ยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว (นพพร เสนีย์คุปต์, 2547, น.57) ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในครั้งนั้น ๆ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้สื่อที่ทำให้เกิดการรับรู้ที่ไม่เหมาะสมกันมาก อันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวกคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนจะรับรู้และเกิดผลของการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน แต่ปัญหาใหญ่ที่พบอีกประการคือ ครูฟิสิกส์/ครูวิทยาศาสตร์ หลีกเลียงที่จะทำการทดลอง ซึ่งไม่ใช่เกิดขึ้นกับเฉพาะครูไทยเท่านั้น แม้แต่ในประเทศที่มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าและทันสมัยก็เกิดปัญหานี้เช่นเดียวกัน (Sumrall, 1997,p.12) เหตุผลที่ครูหลีกเลียงการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้มีการทดลองนั้น William J. Sumrall สรุปไว้ 5 ประการ คือ ครูทำงานมากขึ้น ยุ่ยากเกินไป ครูขาดความรู้ทางเนื้อหาวิทยาศาสตร์คงต้องใช้เวลาในการสอนเพิ่มขึ้น และ อุปกรณ์ไม่เพียงพอ ดังนั้นวิธีที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง คือการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอ ในการเรียนการสอน และยังช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทเรียน (Sharma,1982, p.262-263) การที่ครูได้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้นจะทำให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อ

วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ถูกกำหนดให้เป็นรายวิชาในกลุ่มพื้นฐานวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มวิชาพื้นฐาน วิชาชีฟสำหรับนักศึกษาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ คณะทันตศาสตร์ คณะเทคนิคการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ วิชาฟิสิกส์เบื้องต้นสำหรับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเคมีประยุกต์ และรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 สำหรับนักศึกษาวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ (คู่มือการศึกษามหาวิทยาลัยรังสิตปีการศึกษา 2551-2552, 2551) โดยเนื้อหาของรายวิชาจะเป็นความรู้ฟิสิกส์พื้นฐานซึ่งความรู้เหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ หรือวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นจะประกอบด้วยภาคบรรยายและภาคปฏิบัติการ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการมีจุดประสงค์ที่สำคัญคือให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง ซึ่งจากที่กล่าวมาเบื้องต้นทราบแล้วว่าองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนภาคปฏิบัติการ คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นตัวการสำคัญที่นำความรู้และประสบการณ์ไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน การเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมอันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวก หรือความคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรับรู้และส่งผลต่อการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน สำหรับวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาที่มีสูตรและสมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิด

ความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่แสดงเหตุและผลของสูตรและสมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นเป็นสื่อการสอนที่ทำให้ความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน

จากความสำคัญของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอย่างต่อเนื่อง เช่น ชุดทดลองเรื่องสมดุลแรง ชุดทดลองโมเมนต์และความตึงผิว ชุดทดลองแรงโน้มถ่วงความเฉื่อย การสร้างชุดทดลองคานาจิสปริง และชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554) จากการศึกษา ทดสอบ และทดลองใช้ชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้นนั้นอยู่ในเกณฑ์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อชุดทดลองดังกล่าวอยู่ในระดับเห็นด้วยว่าการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสนับสนุนการเรียนรู้ และนอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังมีข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยทำการพัฒนาชุดทดลองเรื่องอื่นเพิ่มเติมอีก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองสำหรับการทดลองที่ยังไม่มีอุปกรณ์หรือชุดทดลองจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ เพื่อให้ให้นักศึกษาได้สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ โดยในการศึกษาค้นคว้าวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหัวข้อ เสียง ในวิชาฟิสิกส์ ที่ใช้เป็นสื่อการสอนประกอบการอธิบายการตรวจวัดอัตราการขยับตัวขึ้นลงของผนังหัวใจโดยใช้ความรู้เรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

#### วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาชุดทดลองสำหรับเรียนภาคปฏิบัติการ รายวิชา PHY 136: ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์
- 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น
- 3) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น
- 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

#### คำถามในการวิจัย

เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ผ่านการใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้นจะมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

#### สมมติฐานของการวิจัย

ประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 %

คะแนนหลังเรียนเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์อยู่ในระดับมาก

### นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ หมายถึงชุดทดลองที่ออกแบบและพัฒนาโดยผู้วิจัย

ประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองโดยใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

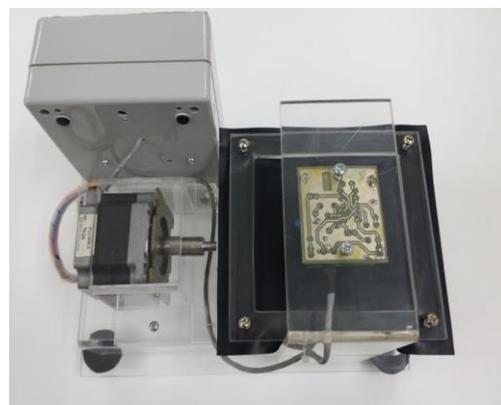
คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ หมายถึงคะแนนที่ได้จากผู้เรียนทำแบบทดสอบที่เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ได้ค่าความยาก (Item Difficulty : Pi) อยู่ระหว่าง 0.78-0.81 อำนาจจำแนกหรือดัชนีความไว (Sensitivity Index : Si) เท่ากับ 0.49

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือนักศึกษาที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY135) สำหรับคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ ยกเว้นวิทยาลัยแพทยศาสตร์ วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY136) สำหรับวิทยาลัยแพทยศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2/2558 จำนวน 250 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY136) สำหรับวิทยาลัยแพทยศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2/2558 จำนวน 90 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling group)

เครื่องมือในการศึกษา ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนา



รูปที่ 1 ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบแบบอัตนัย เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ จำนวน 2 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยซึ่งกำหนดจุดมุ่งหมายว่าผู้เรียนต้องมีความรู้ สามารถคำนวณหาค่าความถี่ที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ตามเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ตั้งไว้ พบว่าลักษณะข้อสอบอิงเกณฑ์ที่ดีที่ควรมีค่าความยากของข้อสอบ 0.70 - 1.00 อำนาจจำแนกหรือดัชนีความไว (Sensitivity Index : Si) ตั้งแต่ 0.40 ขึ้นไป (ศิริชัย กาณจนาวาสี, 2552, น.243) ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำมาเป็นเกณฑ์ในการสร้างข้อสอบรายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพสำหรับนักศึกษาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ เรื่อง

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ที่เป็นแบบอัตโนมัติ จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ได้ค่าความยาก (Item Difficulty : Pi) อยู่ระหว่าง 0.78 - 0.83 อำนาจจำแนกหรือดัชนีความไว (Sensitivity Index : Si) เท่ากับ 0.49 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะข้อสอบอิงเกณฑ์ที่ดังกล่าว

### สถิติที่ใช้ในการวิจัย

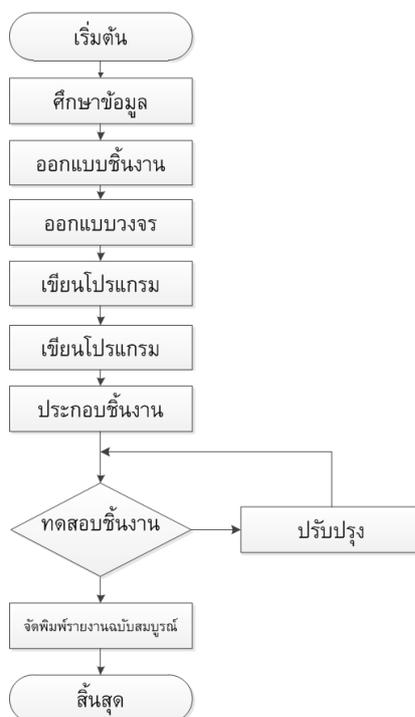
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดทดลองด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน เปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์กลุ่มเดียวกัน โดยการทดสอบ t-test คำนวณหาค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานในการสำรวจความพึงพอใจ

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองสำหรับเรียนภาคปฏิบัติการ รายวิชา PHY 136: ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์” มีวัตถุประสงค์ เพื่อ (1) พัฒนาชุดทดลองสำหรับเรียนภาคปฏิบัติการ รายวิชา PHY 136: ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่องปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (2) หาประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น (3) เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น (4) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็น 2 ขั้นตอน และได้ผลการวิจัยดังนี้

ขั้นที่ 1 การพัฒนาชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามผังการทำงานดังรูปที่ 2



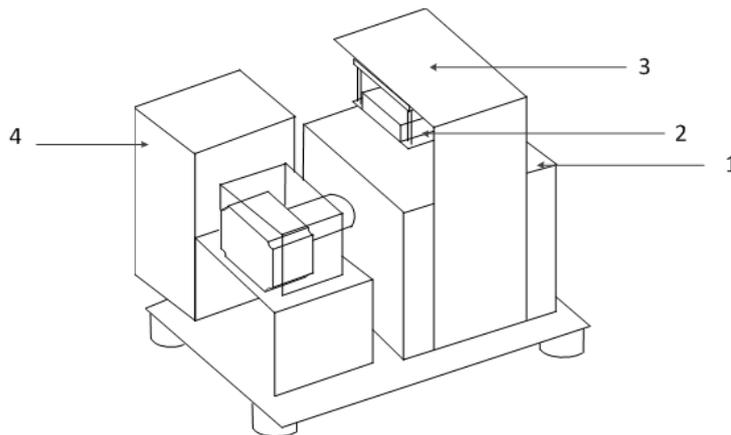
รูปที่ 2 ผังการพัฒนาชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

1. การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับเซนเซอร์ (Sensor) ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) และ การออกแบบวงจร

2. กำหนดผังการทำงานของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่เป็นชุดทดลองที่สร้างขึ้นใหม่ มีการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ภาคควบคุมและภาคแสดงผล โดยสร้างเป็นแผ่นไดอะแฟรมที่ขยับขึ้นลงด้วยมอเตอร์ที่ปรับเปลี่ยนความถี่ได้ และใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกเป็นตัวส่งและรับสัญญาณเสียงที่ตกกระทบและสะท้อนกลับจากแผ่นไดอะแฟรม เขียนโปรแกรมควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณค่าผลต่างความถี่ที่ตกกระทบและสะท้อนกลับมา และมีส่วนแสดงผลความถี่ของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ และอัตราเร็วของการขึ้นหรือขยับขึ้นลงของแผ่นไดอะแฟรมมีแผนผังการทำงาน

3. หลักการทำงานของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เริ่มจากการกดสวิทช์ (Keypad Switch ) เพื่อเลือกความเร็วรอบของสเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) ที่ต้องการ จากนั้นค่าความเร็วรอบจากสวิทช์ที่ถูกเลือกจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะทำการตรวจสอบว่าสวิทช์ที่เลือกต้องการความเร็วรอบเท่าไร หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปสั่งการบอร์ดชุด Drive เพื่อไปสั่งการสเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) ให้ทำงานตามความเร็วรอบที่เลือก แล้วไปดันแผ่นไดอะแฟรมให้มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง จากนั้น HB100 Sensor จะทำการส่งความถี่คงที่ไปที่แผ่นไดอะแฟรมที่มีการเคลื่อนที่ จะมีการสะท้อนของคลื่นความถี่ออกมา HB100 Sensor จะรับความถี่ที่สะท้อนออกมาซึ่งจะเปลี่ยนแปลงค่าจากความถี่เดิม ส่งความถี่ที่เปลี่ยนแปลงมาไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการคำนวณ และอ่านค่าความถี่ที่เปลี่ยนไป กำหนดคำสั่งให้คำนวณหาผลต่างความถี่เดิมกับความถี่ที่สะท้อนออกมา นำไปแทนค่าสมการหาความเร็วของไดอะแฟรมที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วรอบของสเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) และนำค่าที่คำนวณได้มาแสดงบนหน้าจอแสดงผลแบบแอลซีดี

4. ประกอบชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่มีการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ภาคควบคุมและภาคแสดงผล



รูปที่ 3 ภาพเขียนชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ตามรูปที่ 3 แสดงให้เห็นรูปลักษณะหนึ่งของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรม (1) ที่ทำหน้าที่ขยับขึ้นลงด้วยมอเตอร์ที่สามารถปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ได้ เซนเซอร์แบบอัลตราโซนิก

(2) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงความถี่สูงและรับสัญญาณคลื่นที่สะท้อนกลับมา โปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่คำนวณข้อมูลเพื่อแสดงผลบนส่วนแสดงผล (4)

5. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนของชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์น้อยกว่า 5 %

ขั้นที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ที่พัฒนาขึ้น และ ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ ดำเนินการดังนี้

1. พัฒนาแบบทดสอบเรื่องปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ ที่เป็นแบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ได้ค่าความยาก (Item Difficulty: Pi) อยู่ระหว่าง 0.78- 0.83 อำนาจจำแนกหรือดัชนีความไว (Sensitivity Index : Si) เท่ากับ 0.49 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะข้อสอบอิงเกณฑ์ที่ดีดังกล่าว

2. พัฒนาแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามมาตรฐานจัดอันดับ 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 ข้อ 2) ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน จำนวน 4 ข้อ และ 3) ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้น จำนวน 3 ข้อ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

## ผลการวิจัย

1. ชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ที่พัฒนาประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) ภาคควบคุมประกอบด้วยแป้นสวิทช์ (Keypad Switch ) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) และ 2) ภาคแสดงผลประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (HB 100 Sensor) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จอแสดงผลแอลซีดี (LCD display) ชุดทดลองมีเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.4 %

2. คะแนนการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้น และภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30,4.25,4.20 และ 4.25 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

## อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์

ชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนามีเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 % เป็นผลจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทั้งด้านทฤษฎีของปรากฏการณ์ตอบเพลอร์ และการออกแบบชุดทดลอง ซึ่งจากค่าความคลาดเคลื่อนของชุดทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ชุดทดลองปรากฏการณ์ตอบเพลอร์นี้สามารถนำไปเป็นสื่อการเรียนรู้อุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบทดลองได้ และจากการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบหลังเรียนและก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองเรื่องปรากฏการณ์ตอบเพลอร์สามารถพัฒนาการเรียนรู้อุปกรณ์ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Roth (1994, p.197-223) ที่ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลอง (Physics Laboratory) ในโรงเรียนมัธยม พบว่าผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในการเรียน โดยการทำกิจกรรมการทดลองจะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น

ขึ้นเนื่องจากการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากขึ้นจากการที่ผู้เรียนได้เห็นและลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง

## 2. ด้านความพึงพอใจต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

จากผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ด้านการจัดการเรียนรู้ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้น และภาพรวม มีค่าเท่ากับ 4.30, 4.25, 4.20 และ 4.25 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณารายข้อย่อยด้านการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.38 คือ ชุดทดลองตรงกับเนื้อหาที่ต้องเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียนพบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.37 คือ การทำงานเป็นทีม และ ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่เกิดขึ้นพบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.33 คือ ใช้ในแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดทดลองตอบสนองความต้องการของผู้เรียนซึ่งทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ และจะส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับ นพคุณ แดงบุญ (2552, น.42) ที่เสนอว่าเจตคติเป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งสามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยสร้างความรู้สึที่ดีของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข และจะทำให้ผลการเรียนรู้สูงขึ้นด้วย

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไปเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ผู้ใช้ควรศึกษาส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เกิดความเข้าใจก่อนการนำไปใช้

1.2 ควรตรวจสอบระบบการทำงานของชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ว่ามีระบบการทำงานที่ปกติหรือไม่ก่อนการนำไปใช้ในห้องเรียน

1.3 ในการใช้อุปกรณ์แต่ละครั้งผู้สอนควรตรวจเช็คการใช้อุปกรณ์ของนักเรียนเนื่องจากป้องกันการใช้อุปกรณ์ที่ผิดวัตถุประสงค์

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลองที่สำคัญต่อการพัฒนาต่อไปคือ ผลการทดลองจากชุดทดลองไม่เสถียร บางชุดมีค่าความคลาดเคลื่อน ดังนั้นควรมีปรับวงจรของชุดทดลองให้เสถียรมากขึ้นในการวิจัยเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างคณะอื่น ๆ ในอนาคต

2.2 จากข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลองต่อชุดทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ที่สรุปความคิดเห็นทางบวกได้ว่า ชุดทดลองสะดวกต่อการใช้งาน น่าสนใจ ดังนั้นควรมีการพัฒนาชุดทดลองในหัวข้ออื่น ๆ เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมา สอนประสมที่ปรึกษาโครงการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาวิทยาลัยแพทยศาสตร์และคณะเทคนิคการแพทย์ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

### บรรณานุกรม

- กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. (2550). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องสมดุลแรง. ใน สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต (บรรณาธิการ) , งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิตประจำปีการศึกษา 2549 (น.329-331). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยรังสิต.
- . (2551). ชุดทดลองโมเมนต์และความตึงผิว.ใน *รวมบทความวิชาการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียนครั้งที่ 18 (วทร. 18)* (น.256). กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- .(2552). การพัฒนาชุดทดลองแรงโมเมนต์ความเฉื่อย. ใน สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต (บรรณาธิการ) , งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิตประจำปีการศึกษา 2551 (น.517-524). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยรังสิต.
- . (2553). การสร้างชุดทดลองค่านิจสปริง. ใน กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร (บรรณาธิการ),งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 6 (น.302-308). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- . (2554). ความคิดเห็นต่อชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก. ใน กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร (บรรณาธิการ) , งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 7 (น.1053-1060). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- คู่มือการศึกษา มหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2551-2552. (2551). ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต
- นพพร เสนีย์คุปต์. (2547). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องโมเมนต์และการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นพคุณ แดงบุญ. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์. (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต) . กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ลือเดช ปิตุพงศ์. (2553). การพัฒนาชุดการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานระดับปริญญาตรี. *วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต*, 6(3),12 – 21.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการประเมิน* (พิมพ์ครั้งที่ 7).กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). *มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ : ผู้แต่ง.
- สุรพล วิหคไพบูลย์. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Roth, Woff – Michael. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 197 – 223.
- Sharma, R.C. (1982). *Modern Science Teaching* (3<sup>rd</sup> ed). New Delhi : D.R Publishing.
- Sumrall, J. William.(1997). Why Avoid Hands-On-Science?. *Science Scope January*, 20(4), 16-19

### Translated Thai References

- Chanprasert, K. (2007). The Development of the for Experimental Set Equilibrium Lab. In Research Insitute of Rangsit University (Ed.), *Proceedings of RSU Research Conference 2007* (p.329-331). Pathumthani : Rangsit University. [in Thai]
- (2008). The Moment and Surface Tension Experimental Set. In *Abstracts of 18th Science and Mathematics in School Conference*. (p.256). Bangkok : The Institute for the Promotion of Teaching Science. [in Thai]
- (2009). The Development of the Moment of Inertia Experimental Set. In Research Insitute of Rangsit University (Ed.), *Proceedings of RSU Research Conference 2009* (p.517-524). Pathumthani : Rangsit University. [in Thai]
- (2010). The Development of the Spring Constant Experimental Set. In Division of Research Administration (Ed.), *Proceedings of 6th Naresuan Research Conference 2010* (p.302-308). Phitsanulok : Naresuan University. [in Thai]
- (2011). The Student's Opinions towards the Moment of Inertia Experimental Set and the Standing Wave on the Rope Experimental Set. In Division of Research Administration (Ed.), *Proceedings of 7th Naresuan Research Conference 2011* (p.1053-1063). Phitsanulok : Naresuan University. [in Thai]
- Dangbun, N. (2009). *The Achievement and Attitude of the Mathayomsuksa II students in science studying with science activities series*. (Master's Independent study). Bangkok : Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Kanjanawasee,S. (2009). *Evaluation Theory*.7<sup>th</sup> edition. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Pitupong, L. (2010). The Development of the Fundamental Physics Laboratory Instructional Package for Bachelor's Degree. *Suan Dusit Gradute School Academic Journal*, (3), 12 – 21. [in Thai]
- Rangsit University Bulletin 2008-2009.(2008).Pathumthani: Rangsit University Press.
- Saengchanchan, P. (2001). *Development Science Laboratory Directions on Purification Technique for Muttayomsuksa -1 Student*. (Master's thesis). Bangkok : Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Seneyakupta, N. (2004). Development of science experiment sets on momentum and collision in one dimension for secondary students. (Master's thesis). Bangkok : Srinakharinwirot University. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2000). *Learning Standards and Learning Content Science and Technology*. Bangkok : Author. [in Thai]
- Vihokpaibul, S. (2000). *A Development Laboratory Directions on Wastewater Treatment for Muttayomsuksa 1 Student*. (Master's Thesis). Bangkok : Srinakharinwirot University. [in Thai]