

## การศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

### TO STUDY THE LEARNING EFFICIENCY OF MATTHAYOMSUKSA 6 BY INQUIRY APPROACH WITH DEMONSTRATION OF WIND FLOW THROUGH A PIPE ACCORDING TO THE CONTINUITY EQUATION

ชลิตา ดาวลอย<sup>1</sup> ฉัชรพรรณ ดรหลักคำ<sup>2</sup> และอุดมศักดิ์ กิจทวี

CHALITA DAOLOI, CHATCHAWAN DONLAKKAM AND UDOMSAK KITTHAWEE

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องและ เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ normalized gain ผลการวิจัย พบว่า ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง โดยให้ลมผ่านท่อPVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ดังนี้ 0.106, 0.083 และ 0.071 m.ตามลำดับ บริเวณพื้นผิวภายในท่อจะมีชุดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 12V 6A ติดอยู่ ให้ความร้อนโดยใช้ชุดตะกั่วแอลกอฮอล์ ระยะห่างระหว่างชุดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกับฐานไม้ เท่ากับ 0.2 m สังเกตความสว่าง พบว่า ไฟ LED แบบพกพา USB ที่ติดบริเวณท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.071 m วัดค่าความต่างศักย์ของไฟ LED แบบพกพา USB ด้วยมัลติมิเตอร์ เท่ากับ 1.04 V วัดค่ากระแสไฟฟ้า เท่ากับ 0.75 A และวัดความเร็วของลมร้อนที่ไหลผ่านท่อPVC ด้วยเครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน เท่ากับ 13 m/s คำนวณอัตราการไหลเท่ากับ  $0.050 \text{ m}^3/\text{s}$  เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน ( $\langle g \rangle$ ) เรื่องสมการความต่อเนื่อง พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องสมการความต่อเนื่องร่วมกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง พบว่านักเรียนมีระดับความพึงพอใจด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านชุดสาธิตอยู่ในระดับมาก

**คำสำคัญ :** การศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ ; การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ; ชุดสาธิตการไหลของของไหลด้วยลม

<sup>1,2</sup> ผู้วิจัย สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

<sup>3</sup> อาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

## ABSTRACT

In this research, the purpose are 1) to study the learning efficiency of students who have learning a demonstration of wind flow through the PVC pipe by the air in accordance with the principle of continuity equation and 2) to measure the satisfaction of student for inquiry approach (5Es) using a series of a demonstration of fluid flow through the PVC pipe by the air in accordance with the principle of continuity equation. The sample used in this study was Matthayomsuksa 6's students Learning Science-Mathematics, Semester 1/2561 of Phopphrawittayakom school ; 27 people. Tool used to collect information included lesson plans for teachers Inquiry (5Es) using a series of demonstration set air through pipes in different sizes according to the principle of continuity, pre-post test and satisfaction survey. The statistic was used by means, standard deviation and normalized gain. The results were shows the following : 1) The wind flew through the PVC pipe and the diameter 0.106, 0.083 and 0.071 meter. The surface area of the pipe has a Thermoelectric 12V 6A attached to a heat lamp set using Alcohol Burner. The distance between the Thermoelectric base was equal to 0.2 meter. Observed brightness measuring the voltage of the LED Portable USB with a multimeter was 1.04 V and the electrical current was 0.75 A 2) Learning to progress <g> of 27 students was medium. And 3) The satisfaction of the inquiry approach (5Es) using a series of a demonstration of fluid flow through the PVC pipe by the air in accordance with the principle of continuity equation and demonstration experiment were the highest level of content satisfaction and very high, respectively.

**Keywords:** Effectiveness of Student Learning ; Inquiry ; Demonstration of Wind Flow

## บทนำ

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้ วิชาฟิสิกส์คือหัวใจของวิทยาศาสตร์ไม่มีสาขาใดจะมีการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากกว่าฟิสิกส์ เพราะวิชาฟิสิกส์ได้ให้ทฤษฎีซึ่งอยู่เบื้องหลังเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ เป็นรากฐานความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและเป็นรากฐานความรู้เชิงทฤษฎีและความรู้ในเชิงประยุกต์แต่ด้วยวิชาฟิสิกส์ศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ พร้อมทั้งการประยุกต์และอธิบายในลักษณะเชิงนามธรรมเสียส่วนใหญ่ ทำให้นักเรียนต้องสร้างจินตนาการให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนการสอนของครูยังมุ่งเน้นท่องจำเพื่อสอบมากกว่าการให้นักเรียน

คิดวิเคราะห์ แสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง (นิยม ศรียะพันธ์ ,2541:2)

จากการรายงานค่าสถิติพื้นฐานคะแนน 9 วิชาสามัญ ปีการศึกษา 2558 วิชาฟิสิกส์ คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 26.73 คะแนน ค่าสถิติพื้นฐานผลคะแนนการสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2559 วิชาฟิสิกส์ คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 22.90 คะแนน และค่าสถิติพื้นฐานผลคะแนนการสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2560 วิชาฟิสิกส์ คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.44 คะแนน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2560) จะเห็นได้ว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอด (Conception) ในเรื่องต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยเพื่อศึกษาสภาพและปัญหาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ในด้านครู นักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ผลการวิจัย ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เตรียมการสอนตามคู่มือครู เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาดแคลนสื่อ อุปกรณ์การทดลอง สารเคมี หนังสือเรียนและห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ (พิมพ์พรณ เชียงทอง. 2538)

ดังนั้นผู้วิจัยได้จัดทำชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนและเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิต ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายจากการได้รับชมการสาธิตจากชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องประกอบคำอธิบายซึ่งสอดคล้องกับกรวยประสบการณ์ (Cone of Experience) ของเอดการ์ เดล (Edgar Dale) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสื่อโสตทัศนูปกรณ์ต่างๆ และขั้นตอนของประสบการณ์การเรียนรู้และการใช้สื่อแต่ละประเภท โดยการสาธิต (Demonstration) เป็นประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมในขั้นที่ 4 ผู้วิจัย จึงมุ่งเน้นการศึกษาวิชาฟิสิกส์ในเรื่อง “สมการความต่อเนื่อง” และการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

การไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับช่วงชั้นที่4 สามารถสรุปกรอบแนวคิดได้ดังนี้

#### ตัวแปรต้น

1. ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง
2. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

#### ตัวแปรตาม



1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนโรงเรียนพบพระวิทยาคม จังหวัดตาก
2. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนโรงเรียนพบพระวิทยาคม จังหวัดตาก

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

#### วัตถุประสงค์ของวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง
2. เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้เรียนกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง
3. เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้(5Es)โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

#### กรอบแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

โครงงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้(5Es) โดยใช้ชุดสาธิต

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

##### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพบพระวิทยาคม จังหวัดตาก จำนวน 190 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน โรงเรียนพบพระวิทยาคม จังหวัดตาก

##### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

ตัวแปรต้น คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนกับชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

ตัวแปรควบคุม คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน

### 3. ระยะเวลา

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง จำนวน 2 ชั่วโมง

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง จำนวน 6 เดือน

### 4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเรื่องของไหลตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมการความต่อเนื่องและชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมการความต่อเนื่องโดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพระวิทยาคม 2561

1.1.2 ศึกษาสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์

1.1.3 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีหลักการและวิธีเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

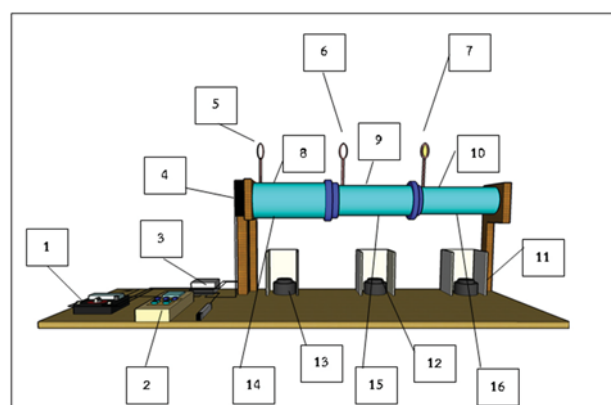
1.1.4 ศึกษาเอกสารตำรา หนังสือเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ เรื่องสมการความต่อเนื่อง

1.1.5 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) อธิบาย จำนวน 1 แผน รวม 2 ชั่วโมง

1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบพิจารณาและแก้ไขปรับปรุง

1.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาแก้ไขปรับปรุง แล้วนำไปสอน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนพระวิทยาคม

1.2 ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการออกแบบชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง ได้แนวคิดมาจากสมการความต่อเนื่อง เพื่อศึกษาการไหลของของไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ โดยผู้วิจัยได้สร้างชุดสาธิตดังนี้



ภาพที่ 2 ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

อุปกรณ์ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

หมายเลข 1 มัลติมิเตอร์

หมายเลข 2 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้หลอดนำความร้อน MODEL : DA-47

หมายเลข 3 Switching Power Supply

หมายเลข 4 พัดลม

หมายเลข 5, 6 และ 7 ไฟ LED แบบพกพา USB

หมายเลข 8 ท่อPVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ภายใน 0.106 m.

หมายเลข 9 ท่อPVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ภายใน 0.083 m.

หมายเลข 10 ท่อPVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ภายใน 0.071 m.

หมายเลข 11, 12 และ13 ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์

หมายเลข 14, 15 และ16 ชุดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก  
TEC1-12706

หลักการทำงานชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลม  
ตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

การเดินระบบและการใช้ชุดสาธิตการไหลของของ  
ไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง  
เริ่มจากการจัดเตรียมระบบให้พร้อมที่จะใช้งานจากนั้นเปิด  
สวิตช์พัดลมเพื่อพัดลมจะได้ทำงานปล่อยลมเข้ามาในระบบ  
จากนั้นลมไหลไปในท่อเปลี่ยนไปตามอุปกรณ์ที่ไหลผ่านคือ  
ขนาดท่อ0.106 เมตร 0.083 เมตร และ 0.071 เมตร  
ขณะเดียวกันจุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์ เพื่อให้พลังงาน  
ความร้อนแก่แผ่น เทอร์โมอิเล็กทริก ตามลำดับ จากนั้นทำ  
การตรวจสอบค่า

### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมการความ  
ต่อเนื่อง และแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากจัด  
กิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่อง  
สมการความต่อเนื่อง โดยใช้ชุดสาธิตความเร็วลมผ่านท่อ  
หลายขนาดตามหลักการสมการความต่อเนื่อง โดยผู้วิจัย  
สร้างขึ้น

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการ  
ความต่อเนื่อง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แบบ  
ปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชาจุดประสงค์การ  
เรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตร  
การศึกษาขั้นพื้นฐานโรงเรียนพบพระวิทยาคม

1.2 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนและการประเมินผลการเรียน

1.3 กำหนดและสร้างข้อสอบแบบปรนัย 4  
ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อใช้จริง 10 ข้อ แล้วทำการสร้าง  
ข้อสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข  
ความถูกต้องเหมาะสม

1.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตาม  
คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาพร้อมแบบประเมินต่อ  
ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อประเมินปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ  
วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตรหาค่า IOC แล้ว  
เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

1.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบ  
คุณภาพเป็น แบบทดสอบจริงเพื่อใช้เป็นเครื่องมือทดสอบกับ  
กลุ่มตัวอย่าง

2. แบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมการความ  
ต่อเนื่อง โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลม  
ตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอน  
ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผล  
สัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่องสมการความต่อเนื่อง

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการ  
จัดการเรียนรู้ เรื่องสมการความต่อเนื่อง โดยวิธีการสอนแบบ  
สืบเสาะหาความรู้(5Es) พร้อมกับชุดสาธิตการไหลของของ  
ไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

3. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผล  
สัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องสมการความต่อเนื่อง

4. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความพึงพอใจ  
หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)  
เรื่องสมการความต่อเนื่องพร้อมกับชุดสาธิตการไหลของของ  
ไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง

5. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมการความต่อเนื่อง ก่อนเรียนและหลังเรียน และวัดความพึงพอใจจากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ค่าทางสถิติดังต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสถิติความเร็วลมผ่านท่อหลายขนาดตามหลักการสมการความต่อเนื่อง ใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนหาค่าทางสถิติ คือค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน โรงเรียนพบพระวิทยาคม จังหวัดตาก ต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสถิติการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนการวัดระดับความพึงพอใจ ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ แบ่งระดับและเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบดังนี้

|               |             |
|---------------|-------------|
| พอใจมากที่สุด | ให้ 5 คะแนน |
| พอใจมาก       | ให้ 4 คะแนน |
| พอใจพอสมควร   | ให้ 3 คะแนน |
| พอใจน้อย      | ให้ 2 คะแนน |
| พอใจน้อยมาก   | ให้ 1 คะแนน |

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence: IOC)

- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean)
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. Normalized gain ใช้วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Learning gain) ของผู้เรียน

### ผลการวิจัย

จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสถิติการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องสามารถสรุปดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงความต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

| เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m.) | พื้นที่หน้าตัด (m <sup>2</sup> ) | อัตราเร็วลม (m/s) | อัตราไหล (m <sup>3</sup> /s) | อัตราไหลจากเครื่องวัด (m <sup>3</sup> /s) | ความต่างศักย์ (V) | กระแสไฟฟ้า (mA) | ความสว่างของหลอดไฟ (สว่าง/ไม่สว่าง) |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 0.106                     | 0.009                            | 7                 | 0.063                        | 0.071                                     | 0.45              | 0.5             | ไม่สว่าง                            |
| 0.083                     | 0.005                            | 10.1              | 0.051                        | 0.055                                     | 0.6               | 0.45            | ไม่สว่าง                            |
| 0.071                     | 0.004                            | 13                | 0.052                        | 0.045                                     | 1.45              | 0.75            | สว่าง                               |

จากตารางสามารถสรุปได้ว่า ขนาดของพื้นที่หน้าตัดส่งผลต่ออัตราเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไป ยิ่งพื้นที่หน้าตัดของท่อน้อย จะทำอัตราเร็วลมมีค่ามาก ส่งผลให้การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงเกิดผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าทำให้หลอดไฟของชุดสถิติสว่างได้

## สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง สรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

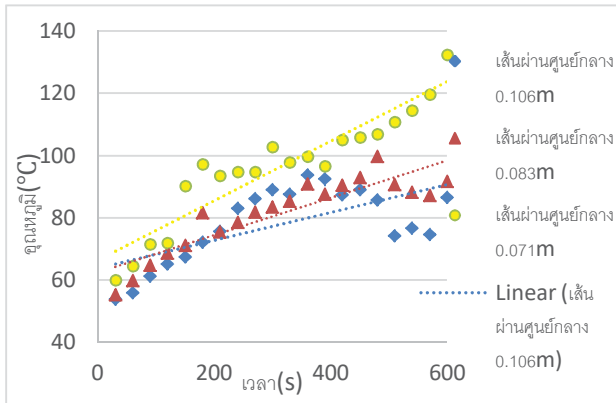
1. ขนาดของพื้นที่หน้าตัด ส่งผลต่ออัตราเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไป ยิ่งพื้นที่หน้าตัดของท่อน้อย จะทำอัตราเร็วลมมีค่ามาก ส่งผลให้การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จึงเกิดผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ส่งต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่พอเหมาะทำให้หลอดไฟของชุดสาธิตสว่างได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง ความก้าวหน้าทางการเรียน ( $\langle g \rangle$ ) พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของคะแนนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และเมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 อยู่ในระดับปานกลาง

3. ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนโรงเรียนพบพระวิทยาคม จำนวน 27 ต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมการความต่อเนื่อง ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือความพึงพอใจด้านเนื้อหา และความพึงพอใจด้านชุดสาธิต พบว่าความพึงพอใจด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด และระดับความพึงพอใจด้านชุดสาธิตอยู่ในระดับมาก

## อภิปรายผลการวิจัย

1. จากการทดลอง พบว่าเมื่อลมไหลผ่านท่อที่มีขนาดต่างกัน แต่มีความยาวเท่ากัน ยิ่งขนาดของ



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ด้านร้อนด้านเย็นกับเวลา

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ด้านร้อน และด้านเย็นกับเวลาพบว่าท่อที่มีอัตราเร็วลมมากส่งผลให้การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงเกิดผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าทำให้หลอดไฟของชุดสาธิตสว่างได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain,  $\langle g \rangle$ ) เรื่องสมการความต่อเนื่อง ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6/1

| การทดสอบ              | จำนวนนักเรียน (n) | Pre-test  |      | Pre-test  |      | $\langle g \rangle$ | แปลความหมาย |
|-----------------------|-------------------|-----------|------|-----------|------|---------------------|-------------|
|                       |                   | $\bar{x}$ | SD   | $\bar{x}$ | SD   |                     |             |
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | 27                | 4.78      | 0.97 | 7.00      | 1.04 | 0.43                | Medium gain |

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในเรื่องสมการความต่อเนื่อง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน ( $\langle g \rangle$ ) พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับปานกลาง

พื้นที่หน้าตัดมาก จะทำให้ความเร็วของลมที่ไหลผ่านท่อมีน้อย แต่ถ้าขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อน้อย จะทำให้ความเร็วของท่อมีน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของสมการความต่อเนื่อง อีกทั้งยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกคือ ขนาดของท่อมักความเร็วลมน้อย การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกน้อย ความต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกน้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกน้อย แต่ในกรณีที่ท่อมมีขนาดเล็กความเร็วลมมีค่ามากน้อย การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาก ความต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาก

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการความต่อเนื่อง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง จึงทำให้เห็นว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้กับนักเรียนได้ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของกิจกรรม มุ่งให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้เดิมเพื่อเป็นแนวทางให้เกิดความรู้ใหม่ และสรุปเป็นความรู้ของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองให้มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุภาพ สิริศักดิ์, 2557) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ (5Es) กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT อย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปิยะมาศ อาศหาญ, 2554) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้ชุดสาธิตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 27 คน ประเมินหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและความพึงพอใจด้านชุดสาธิต พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากครูผู้สอนได้จัดเรียงเนื้อหาที่เรียนน่าสนใจและสามารถมองเห็นใกล้ตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรม นักเรียนทำกิจกรรมด้วยความสนุกสนานเพลิดเพลินทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและส่งเสริมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับวิจัย (อรรถกร ภูวก, 2551) ซึ่งความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เฉลี่ย 3.80 เทียบเท่าในระดับมาก และระดับความพึงพอใจด้านชุดสาธิตอยู่ในระดับมาก

## ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

### ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนควรตั้งคำถามในการนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถคิดทบทวนความรู้เดิมร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งทำให้ผู้เรียนทุกคนเกิดความรู้เข้าใจในเนื้อหาอย่างชัดเจน

2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการมากต้องใช้เวลาในการสอนค่อนข้างมากครูควรกำกับเวลาและกระตุ้นผู้เรียนบ่อยๆ

3. ผู้สอนควรจัดบรรยากาศสิ่งแวดล้อมสื่อการสอนรวมถึงเทคนิคการสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้เหมาะสมการทำกิจกรรม

4. ควบคุมลักษณะของเปลวไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์ได้ยากดังนั้นควรทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมไม่มีตัวแปรภายนอกมาเกี่ยวข้อง เพื่อให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

#### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการสอนวิธีอื่นๆที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนซึ่งนำไปสู่การนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นๆ ต่อไป

2. ควรศึกษาผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดสาริตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่อง ในสาระการเรียนรู้อื่นๆและนำมาบูรณาการใช้ในเรื่องอื่นให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดในการสร้างชุดสาริต

3. ควรพัฒนาชุดสาริตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องที่ได้สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับทฤษฎีได้ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

4. ควรพัฒนาชุดสาริตการไหลของของไหลผ่านท่อด้วยลมตามหลักการสมการความต่อเนื่องให้สามารถปรับหรือประยุกต์ใช้ในการเรียนฟิสิกส์ ในหัวข้ออื่นๆ เช่น สมการแบร์นูลลี

#### เอกสารอ้างอิง

ชลิต เลหาอุดมพันธ์. (2556). ฟิสิกส์ขนมหวาน เล่มที่ 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สามลดา.

ปวิณวงศ์ บำรุงพันธ์ และเจริญพร เลิศสถิตธนกร. (2016). ทางเลือกในการระบายความร้อนสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก. วิศวกรรมสาร มก. 29(97), 87-94. สืบค้น 1 มกราคม 2561, จาก [http://www.eng.ku.ac.th/ejournal\\_th/search.php?name=&numbook=97&type=0&Submit=%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2](http://www.eng.ku.ac.th/ejournal_th/search.php?name=&numbook=97&type=0&Submit=%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2)

ณัฐดี เจริญสุข. (2556). สมการความต่อเนื่อง. สืบค้น 15 พฤษภาคม 2560, จาก

<https://sites.google.com/site/nattawadee06/khwam-ru-keiyw-kab-fisiks/phl-sastr>

นิยม ศรียะพันธ์.(2541).การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างเรียนร่วมแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. สืบค้น 24 เมษายน 2561.ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=58216>

ปิยะมาศ อาจหาญ. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.

สืบค้น24 เมษายน 2561. [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec\\_Ed/Piyamart\\_A.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec_Ed/Piyamart_A.pdf)

พงศ์ศักดิ์ ชินนาบุญ (2553). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 1 เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:บริษัทออฟเซ็ท ครีเอชั่น.

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2560). สถิติคะแนนเฉลี่ยย้อนหลัง 9 วิชาสามัญ. สืบค้น 12 เมษายน2561, จาก <https://www.admissionpremium.com/content/3611>

สุรวุฒิ ประดิษฐ์ฐานนท์. (2531). กลศาสตร์ของไหลเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

สมพงษ์ ใจดี. (2551). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วรวิทย์ โกสลาทิพย์ และทศวัลย์ คัมภีระพันธุ์. (2552). *วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก อีกหนึ่งพลังงานทางเลือกชีวและแจ้ว*. ข่าวสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 8(97). สืบค้น 15 พฤษภาคม 2560, จาก <http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>
- ภานุพงศ์ ศิริกุล, พิพัฒน์ ปราโมทย์, และมนุศักดิ์ จานทอง. (2552). *การทดสอบระบบจ่ายและระบายความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์*. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏจันทรเกษม, 7(1), 22-32. สืบค้น 1 มกราคม 2561, จาก <http://www.journal.rmutt.ac.th:8080/index.php/engineering/article/view/161>
- มนมนัส สุดสิ้น. (2543). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียน แผนผังมโนมติ*. สืบค้น 24 เมษายน 2561. จาก [tnrr.in.th/2558/?page=result\\_search&record\\_id=3159](http://tnrr.in.th/2558/?page=result_search&record_id=3159)
- สาขาชีววิทยาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. สืบค้น 24 เมษายน 2561 จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=688>
- อัญชลี สุเทวี. (2554). *การศึกษาลักษณะการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปา โมเดลกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นจาก [thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec\\_Ed/Unchalee\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec_Ed/Unchalee_S.pdf)