วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต
Journal of Rangsit University: Teaching & Learning
ISSN 1905-7881 (Print)/ ISSN 2651-1584 (Online)
Available online at https://jrtl.rsu.ac.th

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2564
Vol.15 No.1 January – June 2021

# การพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี
# Developments of an Experimental Package of Equation of Continuity and Fluid Pipe Line by Bernoulli's Principles

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ
Kanchana Chanprasert

*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
*Department of Physics, Faculty of Science, Rangsit University*
**Corresponding author, E-mail: kanchanprasert@gmail.com, 089-4788367*
*วันที่ส่งบทความ 28 ตุลาคม 2562 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 26 พฤษภาคม 2563*
*วันที่ตอบรับบทความ 28 พฤษภาคม 2563 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 1 ธันวาคม 2563*

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี สามารถแสดงค่าอัตราเร็วและความดันของของไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหัวข้อสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลอง และ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีระบบราง สาขาเทคโนโลยีซ่อมบำรุงอากาศยาน และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ลงทะเบียนรายวิชา PHY 137: ฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1/2561 จำนวน 82 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling group ) เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.30-0.63 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-0.25 ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 และ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบเรียงลำดับ (Ordinal Scales) แบบลิเคิร์ท (Likert's Scale) 5 ระดับ ซึ่งเป็นข้อความทางบวก ประกอบด้วย 4 ด้าน 20 ข้อ คือ 1) ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน 4) ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด 1 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีที่สามารถแสดงค่าอัตราเร็วและความดันของของไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ (1) ส่วนแสดงผลความดันด้วยเกจวัดความดัน (2) ส่วนประมวลผลอัตราการไหลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ (3) ส่วนแสดงผลอัตราการไหล 2) คะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และ 3) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง และภาพรวม มีค่าเท่ากับ 4.18, 4.47, 4.30, 4.24 และ 4.30 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

***คำสำคัญ**: สมการความต่อเนื่อง หลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี*

**Abstract**

The objectives of this research were to 1) develop an Experimental Package of Equation of Continuity and Fluid Pipe Line by Bernoulli's Principles with display the velocity and the pressure of fluid in very diameter pipes, 2) compare the pretest and posttest scores of the students, and 3) study of the students' satisfactions towards the experimental Package. The subjects of the study were 90 first-year students purposively chosen from the College of Engineering in Railway System Technology program, Aviation Maintenance Engineering program and Computer Engineering program. They registered in the course "Fundamental Physics" during the first semester of academic year 2018. The Experimental Package of Equation of Continuity and Fluid Pipe Line by Bernoulli's Principles was used as the treatment of this study and the data-collecting instruments were the fifty of the four multiple-choice test that the level of difficulty were 0.30 to 0.63, the power of discrimination were 0.20 to 0.25 and the reliability were 0.81. And the students' satisfactions questionnaires consisted of 2 parts; part one included 4 aspects: 1) physical characteristics of the experimental package 2) management learning 3) students' behavior and 4) utilization of knowledge obtained from the experimental package, all of which were in the form of five-point Likert's scale, and part two was one open-ended item. T-test and descriptive statistics were used to analyze the data.

The findings were as follows:

1. The Experimental Package of Equation of Continuity and Fluid Pipe Line by Bernoulli's Principles with display the velocity and the pressure of fluid in very diameter pipes consisted of three components: (1) the fluid pressure display with the pressure gauge (2) the processing data by using micro-controllers and (3) the flow rate display.

2. The mean scores of the pretest and the posttest were significantly marked at 0.05.

3. The mean scores of the physical characteristics of the experimental package, management learning, students' behavior, utilization of knowledge obtained from the experimental package and overall were 4.18, 4.47, 4.30, 4.24 and 4.30 respectively, which were regarded as "high" level.

***Keywords:** Equation of Continuity, Bernoulli's Principles of Fluid Pipe Line*

**บทนำ**

การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย มีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายหลักพื้นฐานทางฟิสิกส์ได้ รู้จักวิเคราะห์คำนวณค่าตัวแปรต่างๆศึกษาความสัมพันธ์ของเนื้อหาฟิสิกส์ เพื่อนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ต่องานวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษานั้นประกอบด้วยภาคบรรยายและภาคปฏิบัติการ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติ การมี

จุดประสงค์ที่สำคัญคือให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง ซึ่งจากที่กล่าวมาเบื้องต้นทราบแล้วว่าองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนภาคปฏิบัติการ คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นสิ่งสำคัญที่นำความรู้และประสบการณ์ไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน การเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอน ในทางปฏิบัติแล้วจะพบว่ามีการเลือกใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมอันเนื่องมาจากความสะดวกเป็นหลัก หรือความคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรับรู้และส่งผลต่อการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน สำหรับวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่แสดงเหตุและผลของสูตร สมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นเป็นสื่อการสอนที่พัฒนาความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน

รายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ หรือ ฟิสิกส์ทั่วไป หรือ ฟิสิกส์พื้นฐาน หรือ ฟิสิกส์เบื้องต้น ที่เป็นรายวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จากกลุ่มวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศของมหาวิทยาลัยรังสิต จะประกอบด้วยเนื้อหาหลัก คือ การเคลื่อนที่ แรงและกฎการเคลื่อนที่ งาน พลังงาน โมเมนตัม ของไหล ความร้อน ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งทุกเนื้อหาย่อมมีความสำคัญเพราะเป็นพื้นฐานของการนำไปประยุกต์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละสาขา จากความสำคัญของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอย่างต่อเนื่อง เช่น การพัฒนาชุดทดลองแรง, การพัฒนาชุดทดลองโมเมนต์และวัดแรงดึงผิว, การพัฒนาชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมที่ปรับค่าได้, การสร้างชุดทดลองค่านิจสปริง, การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่บนรางโค้ง, และการพัฒนาชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ, 2550;2552; 2553; 2554) จากการศึกษา ทดสอบ และทดลองใช้ชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้นนั้นอยู่ในเกณฑ์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อชุดทดลองดังกล่าวอยู่ในระดับเห็นด้วยว่าการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสนับสนุนการเรียนรู้ และ นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังมีข้อเสนอแนะให้มีการพัฒนาชุดทดลองเรื่องอื่นเพิ่มเติมอีก (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ,2552; 2553)

ในหัวข้อของไหลเป็นการศึกษาคุณสมบัติของไหลที่ประกอบด้วย ความดันของของไหล สมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลลีซึ่งเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญอย่างมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสาขาวิชาชีพ เช่น หลักการแบร์นูลลีที่นำไปอธิบายหลักการการบิน ซึ่งดาเนียล แบร์นูลลี (Daniel Bernoulli ,1938 อ้างถึงใน Mikhailov,2005 ) ได้ศึกษาเรื่องกลศาสตร์ของไหลและเขียนไว้ในหนังสือเรื่อง hydrodynamica หรือ การไหลของของไหลในระบบท่อส่งของเหลวที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบงานทางวิศวกรรม หรือ ระบบส่งน้ำทางการเกษตร รวมไปถึงการไหลเวียนของของเหลวภายในร่างกาย ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่แสดงด้วยสูตรและสมการต่างๆ ถ้านักศึกษาไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของสูตรและสมการเหล่านั้นจะไม่สามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้ไปยังปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ซึ่งเป็นรายวิชาสำหรับกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ แต่ถ้ามีเครื่องมือหรือชุดทดลองที่สามารถแสดงให้เห็นสูตรและสมการของของไหลอย่างเป็นรูปธรรม เช่น การลดขนาดของท่อหรือการเปลี่ยนระดับท่อเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดเลือดภายในร่างกายแล้ว อัตราการไหลเวียนหรือความดันจะเป็นอย่างไร จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แต่ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยรังสิต ยังไม่มีเครื่องมือหรือชุดทดลองที่ใช้สำหรับการทดลองในหัวข้อนี้ และ จากการค้นคว้าของพบว่าส่วน

ใหญ่จะมีชุดทดลองวัดอัตราการไหลที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ หรือ การพัฒนาชุดทดลองวัดอัตราการไหลและการสูญเสียในท่อ (กฤษดา ศิริสมบัติเจริญ, กิตติพงษ์ สอนศักดา, และ ตะวัน จันพุทธ, 2554 ; กุญชร ศรีพินิจ, ญาณิศา เกี่ยวพันธ์, และรัตติกาล มหาเจริญ, 2554) ซึ่งเป็นชุดทดลองที่ใช้ในลักษณะการประยุกต์เฉพาะสาขา ยังไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่ต้องการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆในการเรียนทฤษฎีเรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลลีของของไหลในระดับพื้นฐานที่จะนำไปสู่การประยุกต์ต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีที่ใช้จะเป็นสื่อการสอนในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์หัวข้อของไหลในส่วนของพลศาสตร์ของไหล (Fluid dynamics) และมีการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลองที่พัฒนา

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

1. พัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีที่แสดงค่าอัตราเร็วและความดันของของไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหัวข้อสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองที่พัฒนา
3. ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองที่พัฒนา

**ข้อตกลงเบื้องต้นและนิยามศัพท์เฉพาะ**

**1. ข้อตกลงเบื้องต้น ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้**

1.1 กลุ่มตัวอย่างทุกคนตอบแบบสอบถามด้วยความเข้าใจและด้วยความจริงใจ

1.2 การวิจัยในครั้งนี้ถือว่าความแตกต่างในเรื่องเพศไม่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองที่พัฒนา

**2. นิยามศัพท์เฉพาะ**

2.1 ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีหมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหัวข้อสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี หมายถึง คะแนนที่กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหัวข้อสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี แบบปรนัย 15 ข้อ จำนวน 4 ตัวเลือก โดยคิดเกณฑ์การให้คะแนนทำถูกข้อละ 1 คะแนน

2.3 ความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี หมายถึง ความพึงพอใจที่กลุ่มตัวอย่างมีต่อชุดทดลองใน 4 ด้าน ดังนี้ ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน และด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง โดยใช้แบบสอบถามที่เป็นข้อความเชิงบวกวัดออกมาเป็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด

**ขอบเขตการวิจัย**

1. ขอบเขตที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ศึกษา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นหัวข้อ สมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีในรายวิชา PHY :137 ฟิสิกส์พื้นฐาน

2. ขอบเขตที่เกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาจากวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีระบบราง สาขาวิชาซ่อมบำรุงอากาศยาน และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ลงทะเบียนรายวิชา PHY :137 ฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1/2561 จำนวน 82 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling group)

3. ขอบเขตที่เกี่ยวกับเวลา

ปีการศึกษา 2561 (เดือนมิถุนายน - กุมภาพันธ์ 2562)

4. ขอบเขตที่เกี่ยวกับวิธีรวบรวมข้อมูล

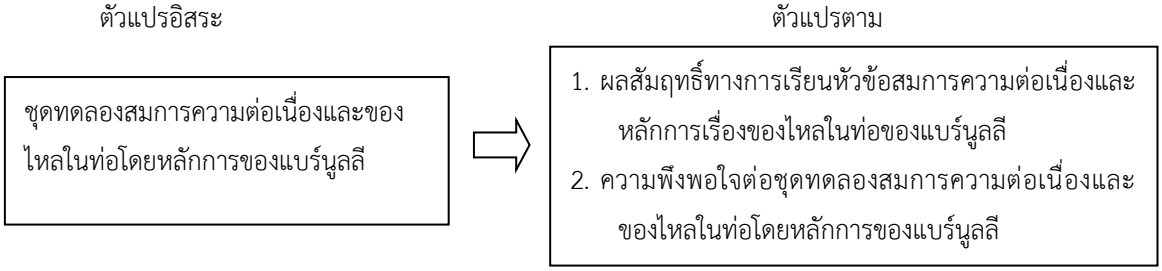
การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยการทดลอง (Experimental research) โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

5. ขอบเขตที่เกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหัวข้อสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี และความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

**กรอบแนวคิดการวิจัย**




**วิธีการดำเนินการวิจัย**

**1. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากร คือ นักศึกษาจากวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีระบบราง สาขาวิชาซ่อมบำรุงอากาศยาน และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ลงทะเบียนรายวิชา PHY :137 ฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1/2561 จำนวน 82 คน ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงในการศึกษาครั้งนี้

**2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

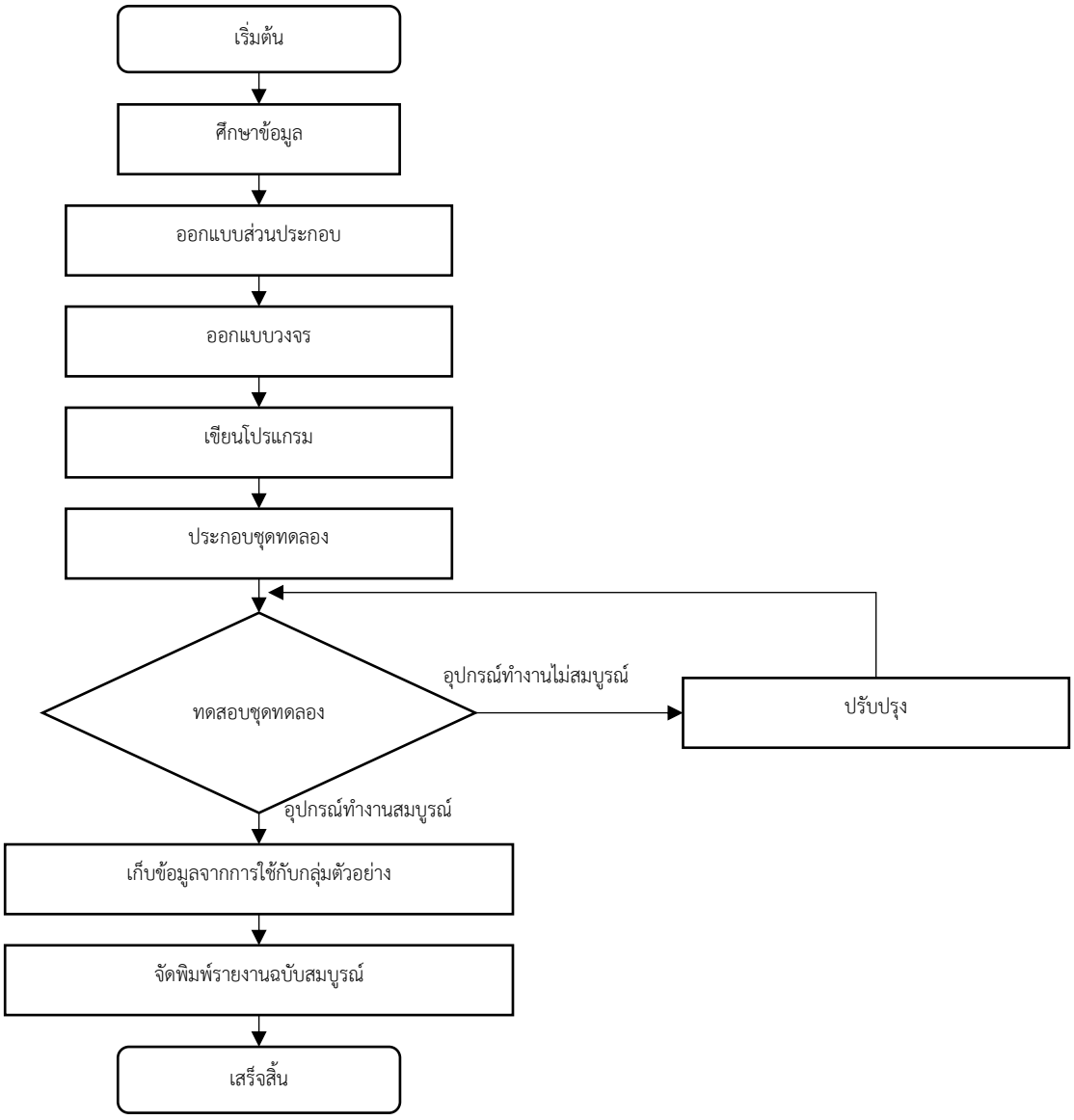
เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัย เรื่อง ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี จำนวน 15 ข้อ และ แบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลอง

2.1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

ก. ศึกษาหลักการประกอบชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี

ข. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบชุดทดลอง ได้แก่ เกจวัดความดัน (pressure gauge) โรตามิเตอร์(rotameter) เซนเซอร์วัดอัตราการไหล(water flow sensor) ปั๊มน้ำ (water pump) คุณสมบัติของท่อพีวีซี (properties of PVC pipe ) ชุดไมโครคอนโทรเลอร์ (microcontroller) และ จอแสดงผลแอลอีดี (LED display)

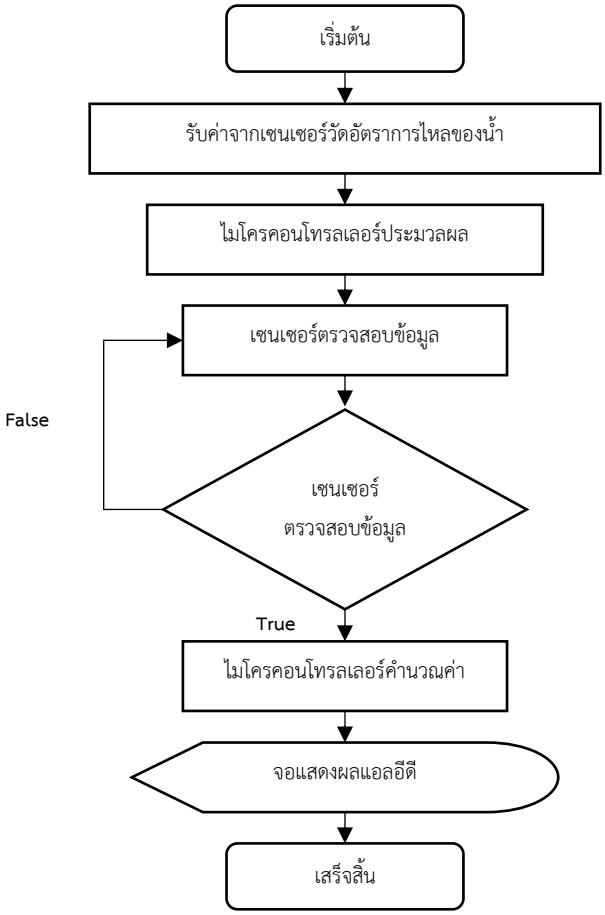
ค. ขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ผู้วิจัยได้กำหนดแผนภาพ (diagram) การพัฒนาชุดทดลอง ดังรูปที่ 1




รูปที่ 1 แผนภาพการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

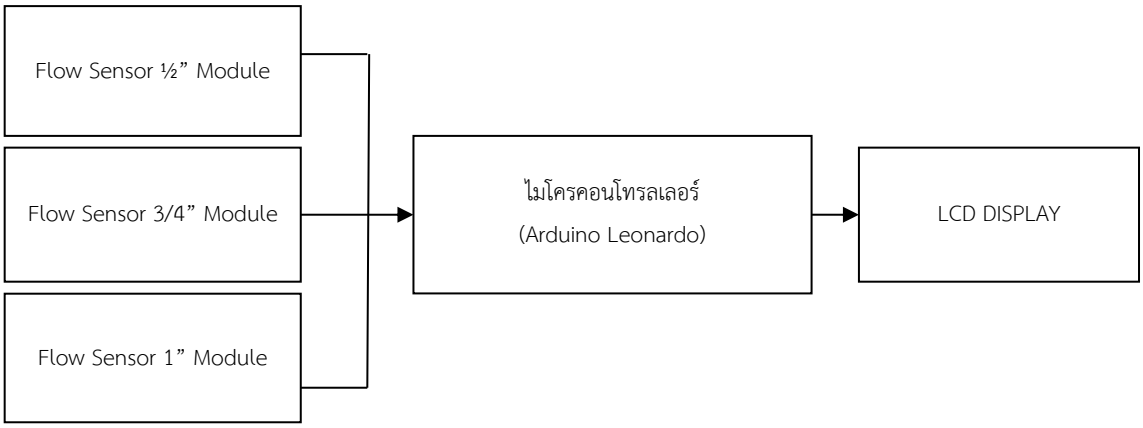
ง. กำหนดผังการทำงานของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ซึ่งเป็นชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาใหม่ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ เริ่มจากกำหนดให้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ

(water flow sensor) ส่งค่าไปยังไมโครคอนโทลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบข้อมูลว่ามีสัญญาณส่งมาถึงหรือไม่ หากไม่มีสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์จะกลับไปรับสัญญาณใหม่จากเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำอีกครั้ง ถ้ามีสัญญาณแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลและทำการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการไหลของของไหลที่ผ่าน เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ ทั้ง 3 หมายเลขแล้วนำผลที่คำนวณได้มาแสดงบนจอแสดงผลแอลอีดี สรุปเป็นแผนผังการทำงาน ดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานภาคควบคุมของชุดทดลอง

จ. หลักการทำงานของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี เมื่อเปิดสวิตซ์ปั๊มน้ำเพื่อทำการจ่ายน้ำเข้าระบบ น้ำจะไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหล ทั้ง 3 ตัว โดยเซนเซอร์วัดอัตราการไหลจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนอัตราการไหลเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นส่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมี Analog to Digital Convertor (ADC) อยู่ภายใน ซึ่ง ADC จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น สัญญาณ Digital จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลที่ได้เพื่อคำนวณค่าอัตราการไหล (Flow) ออกมาและนำมาแสดงผลบนหน้าจอแอลอีดี ดังรูปที่ 3




รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานและแสดงผลของชุดทดลอง

2.2 ขั้นตอนการพัฒนาคู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่อง สมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี ดังนี้

ก. ศึกษารูปแบบการเขียนคู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์

ข. เขียนคู่มือปฏิบัติการเรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีที่เรียบเรียงโดยผู้วิจัย ที่ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ ทฤษฎีความต่อเนื่องและและหลักการแบร์นูลลี วัตถุประสงค์การทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนา) วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง นำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ จำนวน 3 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

2.3 ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมการความต่อเนื่องและ หลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลี ดังนี้

ก. คัดเลือกข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จากคลังข้อสอบรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของผู้วิจัยตั้งปีการศึกษา 2556-2560 จำนวน 15 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0-1.00 และความยากง่าย ตั้งแต่ 0.2-0.6 ความเชื่อมั่นรายข้อมากกว่า 0.75 สร้างเป็นแบบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ จำนวน 3 คน ประเมินค่า IOC มีค่าระหว่าง 0.66-1.00 และมีการแก้ไขในรายละเอียดคำถามบางข้อและความชัดเจนของรูปประกอบข้อคำถาม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ค. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองก่อนนำไปใช้จริง (try out) กับนักศึกษาวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 30 คนที่ผ่านการเรียนปฏิบัติการในชั้นปีที่ 1 มาแล้ว เพื่อหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นซ้ำอีกครั้ง พบว่ามีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 - 0.25 และความยากง่าย ตั้งแต่ 0.30 - 0.63 ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.81

2.4 ขั้นตอนการพัฒนาแบบสำรวจความพึงพอใจต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ดังนี้

ก. พัฒนาแบบสำรวจความพึงพอใจต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 มีลักษณะเป็นแบบสำรวจแบบเรียงลำดับ (ordinal scale) แบบลิเคิร์ท (Likert’s

scale) 5 ระดับ ซึ่งเป็นข้อความทางบวก ประกอบด้วย 4 ด้าน 20 ข้อย่อย คือ 1) ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน 4) ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดทดลอง ส่วนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบแบบสำรวจแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ข. นำแบบสำรวจความพึงพอใจต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีที่พัฒนาไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ จำนวน 3 คน ประเมินค่า IOC มีค่ามากกว่า 0.5 ทุกข้อ และมีการแก้ไขในรายละเอียดคำถามบางข้อซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

**การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้**

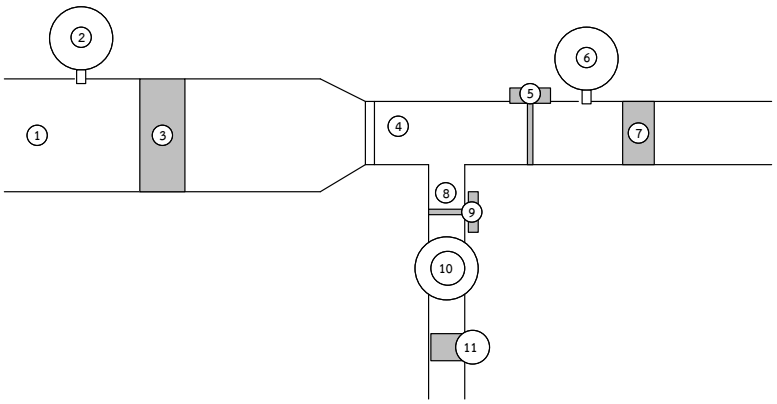
ก. การเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีกลุ่มเดียวกัน โดยการทดสอบ Z-test แบบจับคู่ หรือ Paired Z-test

ข. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากคำถามปลายเปิด

**ผลการศึกษา**

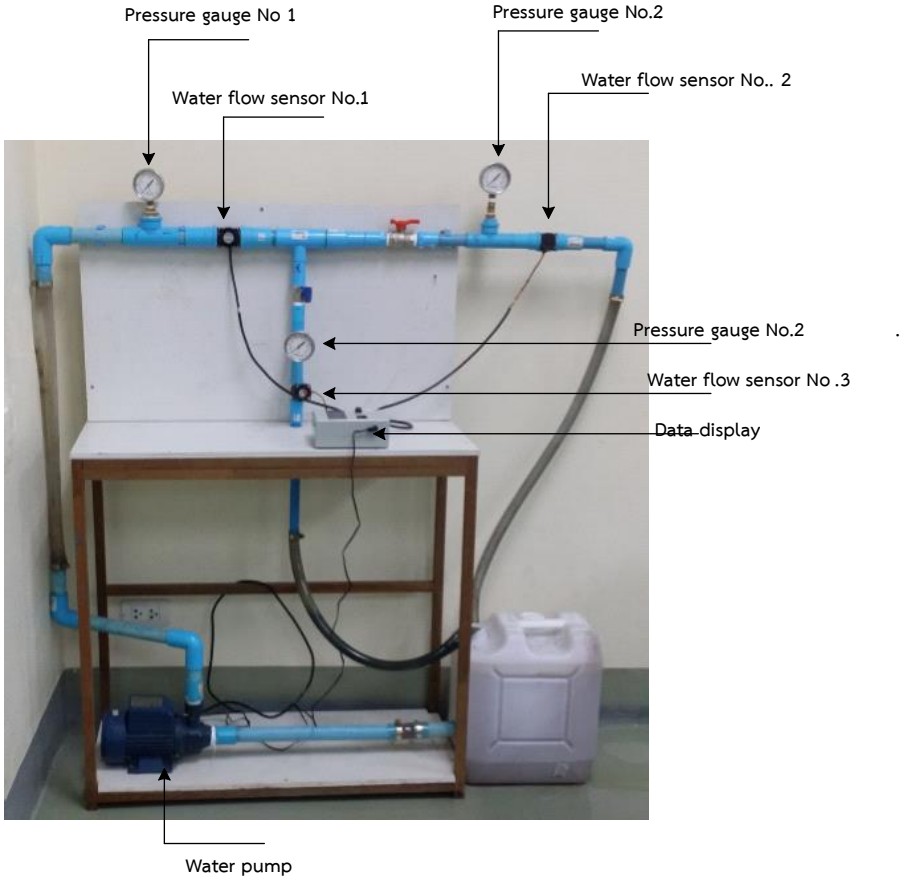
ในการวิจัยการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ครั้งนี้ผู้วิจัยจะแสดงผลการศึกษาเป็น 3 ส่วน ตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีจากการศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้องและการออกแบบพัฒนาชุดทดลองดังกล่าวในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองที่ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ 1) ส่วนแสดงผลความดันของของไหลด้วยเกจวัดความดัน 2) ส่วนประมวลผลอัตราการไหลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 3) ส่วนแสดงผลอัตราการไหล โดยชุดทดลองที่พัฒนามีลักษณะดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5




1 คือ ท่อPVC ขนาด 1″
2 คือ เกจวัดความดันหมายเลข 1
3 คือ เซนเซอร์วัดอัตราการไหล หมายเลข 1
4 คือ ท่อPVC ขนาด 3 / 4″
5 คือ วาล์วเปิด-ปิดน้ำตัวที่ 1
6 คือ เกจวัดความดันหมายเลข 2
7 คือ เซนเซอร์วัดอัตราการไหล หมายเลข 2
8 คือ ท่อPVC ขนาด 1 / 2″
9 คือ วาล์วปิด-ปิดน้ำ ตัวที่ 2
10 คือ เกจวัดความดันหมายเลข 3
11 คือ เซนเซอร์วัดอัตราการไหล หมายเลข 3

รูปที่ 4 ภาพเขียนส่วนประกอบ
ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี




รูปที่ 5 รายละเอียดส่วนประกอบ ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

2. ผลการการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจากการใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

| คะแนน | $n$ | $\bar{x}$ | $S.D.$ | $\sum D$ | $t$ | $p$ * |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนใช้ชุดทดลอง | 82 | 6.70 | 2.01 | 3.52 | 10.102* | .000 |
| หลังใช้ชุดทดลอง | 82 | 10.22 | 3.05 | | | |

* $p < .05$

3. ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจากการใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง 4 ด้าน คือ 1) ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน 4) ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง มีค่าเท่ากับ 4.18, 4.47, 4.30 และ 4.42 ตามลำดับและในภาพรวม เท่ากับ 4.30 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ดังตารางที่ 2 และมีข้อคิดเห็น/ ข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลองต่อชุดทดลองสมการ แบ่งเป็น 2 ด้าน

คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้เข้าใจเรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีได้ง่ายขึ้น ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบทีม แต่ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง ควรมีการปรับปรุงหลายจุด เช่น มีจำนวนชุดทดลองน้อยไม่เพียงพอต่อผู้เรียน ควรปรับปรุงมาตรวัดเป็นดิจิทัลเพื่ออ่านค่าได้ง่ายและชัดเจน เป็นต้น

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี

| ข้อ | รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ | SD |
|---|---|---|---|
| 1. ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง | | 4.18 | 0.73 |
| 1.1 | มีความแข็งแรงทนทาน | 4.02 | 0.68 |
| 1.2 | สามารถประกอบและติดตั้งได้ง่าย | 4.15 | 0.70 |
| 1.3 | ใช้งานได้สะดวก | 4.37 | 0.68 |
| 1.4 | ส่วนแสดงผลของข้อมูลจากการทดลองชัดเจน | 4.19 | 0.77 |
| 1.5 | ใช้เวลาในการทดลองให้เห็นผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม | 4.19 | 0.80 |
| 2. ด้านการจัดการเรียนรู้ | | 4.47 | 0.65 |
| 2.1 | ตรงกับเนื้อหาที่ต้องเรียนรู้ | 4.46 | 0.66 |
| 2.2 | เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ | 4.52 | 0.69 |
| 2.3 | ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางงวิทยาศาสตร์ | 4.42 | 0.62 |
| 2.4 | ให้ผลการทดลองตรงตามทฤษฎี | 4.49 | 0.60 |
| 2.5 | ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย | 4.47 | 0.69 |
| 3. ด้านพฤติกรรรมที่เกิดกับผู้เรียน | | 4.30 | 0.77 |
| 3.1 | ทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 4.29 | 0.74 |
| 3.2 | มีการใช้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศประกอบการเรียนรู้ | 4.27 | 0.76 |
| 3.3 | ช่วยให้เกิดการทำงานเป็นทีม | 4.31 | 0.77 |
| 3.4 | มีการสื่อสารระหว่างบุคคล | 4.25 | 0.83 |
| 3.5 | กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสร้างนวัตกรรม | 4.40 | 0.74 |
| 4. ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง | | 4.24 | 0.76 |
| 4.1 | ใช้ในแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ที่เรียนในภาคเรียนนี้ | 4.44 | 0.62 |
| 4.2 | นำไปใช้เป็นฐานความรู้ในการเรียนรายวิชาอื่น | 4.20 | 0.79 |
| 4.3 | นำไปใช้เป็นฐานความรู้ในการเรียนในสาขาของตนเองในระดับที่สูงขึ้น | 4.24 | 0.79 |
| 4.4 | นำใช้อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน | 4.14 | 0.80 |
| 4.5 | นำไปใช้เป็นฐานความรู้ในการสร้างนวัตกรรมในสาขาวิชาชีพของตนเองในอนาคต | 4.16 | 0.79 |
| | ภาพรวม | 4.30 | 0.73 |

เกณฑ์การแปลความหมาย

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

**อภิปรายผลการศึกษา**

ผลจากการพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี เมื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้คะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลอง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ชุดทดลองพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ สามารถนำไปเป็นสื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Roth (1994, p. 197 - 223) ที่ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลอง (Physics Laboratory) ในโรงเรียนมัธยม พบว่าผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในการเรียน โดยการทำกิจกรรมการทดลองจะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากขึ้นจากการที่ผู้เรียนได้เห็นและลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง และสอดคล้องกับศักดิ์ชาย สิงห์ทอง, โชคศิลป์ ธนเฮือง, และ อุดม ทิพราช (2554) ที่ศึกษาการใช้ชุดปฏิบัติการของไหลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แสดงผลการวิจัยให้เห็นว่าชุดปฏิบัติการของไหลที่พัฒนาสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้

จากผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง และภาพรวม มีค่าเท่ากับ 4.18, 4.47, 4.30, 4.24 และ 4.30 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งเมื่อจัดลำดับค่าเฉลี่ยพบว่า ระดับพึงพอใจลำดับที่ 1 คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ (4.47±0.65) ระดับพึงพอใจลำดับที่ 2 คือ ด้านพฤติกรรมที่เกิดกับผู้เรียน (4.33±0.77) ระดับพึงพอใจลำดับที่ 3 คือ ด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้จากชุดทดลอง (4.24±0.76) และระดับพึงพอใจลำดับที่ 4 คือ ด้านลักษณะทางกายภาพของชุดทดลอง (4.18±0.73) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดทดลองตอบสนองความต้องการของผู้เรียนช่วยให้ผู้เรียนมีเจคติที่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน สอดคล้องกับ นพคุณ แดงบุญ (2552, น.42) ที่เสนอว่าเจตคติเป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งสามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยสร้างความรู้สึกที่ดีของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และจะทำให้ผลการเรียนรู้สูงขึ้นด้วย และสอดคล้องกับผลการวิจัยของแฟรงค์ ปาจาเรส (Pajares, 2009, p.152-153) นำเสนอว่า ผู้เรียนที่ค้นพบจุดแข็งแห่งตนจะมีความเชื่อมั่นในศักยภาพ มีระดับการประสบความสำเร็จทางวิชาการที่สูงขึ้น สามารถตัดสินเกี่ยวกับคุณภาพของความรู้และทักษะที่พวกเขามีรวมถึงเป็นผู้ที่มีความพยายาม มีความเพียร มีความยืดหยุ่น มีความสุขุม และมีความสนใจในงานด้านวิชาการหรือกิจกรรมมากขึ้น สามารถอธิบายถึงผลของการกระทำของตนเองนำไปสู่การพัฒนาและสร้างสรรค์สิ่งต่างๆที่มีลักษณะของงานและกิจกรรมที่มีความคล้ายคลึงกันจากที่ตนได้เรียนรู้ เปิดโอกาสให้พบประสบการณ์แห่งความสำเร็จและความสุขแก่ผู้เรียน

**ข้อเสนอแนะ**

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและของไหลในท่อโดยหลักการของแบร์นูลลี ผู้ใช้ควรศึกษาส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆให้เกิดความเข้าใจก่อนการนำไปใช้

1.2 ควรตรวจสอบระบบการทำงานของชุดทดลองว่ามีระบบการทำงานที่ปกติหรือไม่ก่อนการนำไปใช้ในห้องเรียน

1.3 ในการใช้อุปกรณ์แต่ละครั้งครูผู้สอนควรตรวจสอบการใช้อุปกรณ์ของผู้เรียน เพื่อป้องกันการใช้อุปกรณ์ที่ผิดวัตถุประสงค์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากข้อคิดเห็น/ ข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลองที่สำคัญต่อการพัฒนาต่อไปคือ ควรมีการปรับปรุงหลายจุด เช่น มีจำนวนชุดทดลองน้อยไม่เพียงพอต่อผู้เรียน ควรปรับปรุงมาตรวัดเป็นดิจิทัลเพื่ออ่านค่าได้ง่ายและชัดเจน

2.2 จากข้อคิดเห็น/ ข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลองต่อชุดทดลองที่สรุปความคิดเห็นทางบวกได้ว่า ช่วยให้เข้าใจเรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลลีได้ง่ายขึ้น ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบทีม ดังนั้นควรมีการพัฒนาชุดทดลองในหัวข้ออื่นๆเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

2.3 ในการพัฒนาชุดทดลองนี้ต่อไปควรใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่านี้ และควรติดเซนเซอร์ให้ได้ตรงตำแหน่งกลาง และท่อที่มีขนาดเล็กกว่าจะต้องแตกต่างกันมากๆจะทำให้เห็นผลชัดเจน ถ้าตำแหน่งเดียวกันแต่ห่างจากผนังท่อไม่เท่ากันจะมีความเร็วต่างกันทำให้เกิดความผิดพลาดได้

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมา สอนประสม ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาจากวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีระบบราง สาขาวิชาซ่อมบำรุงอากาศยาน และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย

**บรรณานุกรม**

กฤษดา ศิริเจริญสมบัติ, กิตติพงษ์ สอนศักดา, และ ตะวัน จันพุทธ. (2554). *การพัฒนาชุดการทดลองการวัดอัตราการไหลและการสูญเสียในท่อ* (รายงานโครงการ). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. (2550).การพัฒนาชุดทดลองเรื่องสมดุลแรง. ใน *การประชุม RSU Research Conference 2007* (น.329-331). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

---------. (2552). การพัฒนาชุดทดลองแรงโมเมนต์ความเฉื่อย . ใน *การประชุม RSU Research Conference 2007* (น. 517-524). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

---------. (2552). การพัฒนาชุดทดลองแรงเสียดทาน . ใน *การประชุม RSU Research Conference 2007* (น.597-604). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

---------. (2552).การสร้างชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์. ใน *การประชุมทางวิชาการ "The 6 th KU-KPS CONFERENCE"* (น.1835-1842). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

---------. (2552).การออกแบบและสร้างชุดพื้นเอียงปรับมุมได้ที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมและรอก. ใน *การประชุมทางวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 5: ทิศทางการวิจัยในทศวรรษปี 2552-2562* (น.93-100). พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร.

---------. (2553).การสร้างชุดทดลองค่านิจสปริง. ใน *การประชุมทางวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 6: วิถีชีวิตยั่งยืนบนพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียง* (น.302-308). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

---------. (2554). ความคิดเห็นต่อชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก. ใน *การประชุมวิชาการ นเรศวรวิจัย 7 ก้าวสู่ทศวรรษที่ 3 มุ่งมั่นงานวิจัยพัฒนาชาติไทยให้ยั่งยืน* (น.1053-1600). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กุญชร ศรีพินิจ, ญาณิศา เกี่ยวพันธ์, และรัตติกาล มหาเจริญ. (2554). *ชุดสาธิตอัตราการไหลของของไหล* ๖(ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

นพคุณ แดงบุญ. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง, โชคศิลป์ ธนเฮือง, และอุดม ทิพราช. (2554). การใช้ชุดปฏิบัติการของไหลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12* (น.1454-1462). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Bernoulli, D. (1738). *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii.* Strasbourg: Johann Reinhold Dulssker.

Chanprasert, K. (2010). Development of the curved track set and the spring constant experimental set. In *36th Congress on science and technology of Thailand "Towards a better society through science and technology".* October 26-28, 2010:BITEC Bang-na, Bangkok.

Mikhailov, G.K. (2005). Chapter 9 - Daniel Bernoulli, Hydrodynamica (1738), Editor(s): I. Grattan-Guinness, Roger Cooke, Leo Corry, Pierre Crépel, Niccolo Guicciardini, Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940, Elsevier Science,2005, (p.131-142) https://doi.org/10.1016/B978-044450871-3/50090-5.

Pajares, F. (2009). Toward a positive psychology of academic motivation: The role of self-efficacy beliefs. In R. Gilman, E.S. Huebner, & M. J. Furlong (Eds.), *Handbook of positive psychology in schools* (p.149-160). NY: Routledge/Taylor&Francis Group.

Roth, W-M (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(2), 197 – 223.

**Translated Thai Reference**

Chanprasert, K. (2007).The Development of the Experimental Set Equilibrium Lab. In *Proceedings of RSU Research Conference 2007* (p329-331). Pathum Thani: Rangsit University. [in Thai]

---------. (2009).Construction of the Experimental Set for Mechanical Energy Conservation and Projectiles. In *Proceedings of 6th KU-KPS Conference 2009*. (p.1835-1842). Nakhon Pathom: Kasetsart University Kamphaengsaen Campus. [in Thai]

---------. (2009). Design and Construction of the Adjustable Inclined Plane with Angle Measuring Scale and Adjustable Pulley. In *Proceedings of 5th Naresuan Research Conference 2010* (p. 93-100). Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

---------. (2009).The Development of Friction force Experimental Set. In *Proceedings of RSU Research Conference 2007* (p.597-604). Pathum Thani: Rangsit University. [in Thai]

---------. (2010).The Development of the Spring Constant Experimental Set. In *Proceedings of 6th Naresuan Research Conference 2010* (p.302-308). Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

---------. (2011).The Development of the Moment of Inertia Experimental Set. In *Proceedings of RSU Research Conference 2011* (p.517-524). Pathum Thani: Rangsit 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 *Proceedings of 7th Naresuan Research Conference 2010* (p.1053-1060). Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

Dangbun, N. (2009).*The Achievement and Attitude of the Matthayomsuksa II Students in Science Studying with Science Activities Series* (Master's thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai]

Seepinid, G., Keowpan, Y., & Mahacharoen,R. (2011) .*Simulation of Fluid Flow 6* (Bachelor' s thesis). Chonburi: Burapha University. [in Thai]

Singtong, S., Tanahoung,C., & Tipparach, U. (2011). Using a set of fluid dynamics practices to develop students' learning achievement. In *Proceedings of the 12th Graduate research Conference* (p.1454-1462). KhonKaen: KhonKaen University. [in Thai]

Siricharoensombat,K., Sonsakda, K., & Janput, T.(2011). *Development of Flow measurement and friction loss in pipe experiment set* (Project report). KhonKaen: KhonKaen University. [in Thai]