ข้อเสนอโครงการวิจัย

เพื่อขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2560

1 ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

(ภาษอังกฤษ) Effectiveness of an Experimental Package of Equation of Continuity and Bernoulli's Principles of Fluid Pipe Line

2. ประเภทของงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

ประเภทหลัก การวิจัยเพื่อสร้างสื่อการสอนหรือนวัตกรรม

ประเภทย่อย ชุดอุปกรณ์การเรียนภาคปฏิบัติการ

3.รายวิชา/สาขาวิชาที่ทำการวิจัย วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY135) สำหรับคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ ยกเว้นวิทยาลัยแพทยศาสตร์

(นอกจากราวิชา PHY 135 แล้วสามารถใช้ในรายวิชาอื่นๆ ดังต่อไปนี้ได้เช่นเดียวกัน

วิชาฟิสิกส์เบื้องต้น ภาคปฏิบัติการ (PHY131) สำหรับคณะวิทยาศาสตร์

วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY136) สำหรับวิทยาลัยแพทยศาสตร์

วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (PHY 122) สำหรับวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์)

4. ผู้ดำเนินงานวิจัย (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ชื่อภาษาไทย นางกาญจนา จันทร์ประเสริฐ

ชื่อภาษาอังกฤษ Mrs.Kanchana Chanprasert

คุณวุฒิการศึกษา กศ.ด.

สถานที่ทำงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์

โทรศัพท์ 02-9972222 ต่อ 1428

5. ผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อภาษาไทย นายเสมา สอนประสม

ชื่อภาษาอังกฤษ Mr. Sema Sormprasom

คุณวุฒิการศึกษา	วทม.(นิวเคลียร์ฟิสิกส์)
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
ตำแหน่งทางวิชาการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
โทรศัพท์	02-9972222 ต่อ 1428

6. สถานที่ทำการทดลองหรือเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

7. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น สามารถค้นหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการนำไปประยุกต์ในวิชาต่างๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ เป็นต้น ตลอดจนก่อให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างมากมาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2543:9) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจึงกำหนดให้มีการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในทุกระดับการศึกษา แต่จากรายงานผลการศึกษาด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาหลายเรื่องพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่มุ่งหวัง และจากการศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดสถานการณ์เช่นนั้น พบว่าปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คือครูและรวมถึงการขาดแคลนทรัพยากรการเรียน ได้แก่ วัสดุการเรียนการสอน วัสดุห้องสมุด และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาต่อไปพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับครู คือ การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ขาดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งเทคนิควิธีการสอนวิชาฟิสิกส์นั้นมีหลายรูปแบบ และหนึ่งในหลายรูปแบบนั้น คือ วิธีสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) ที่เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาทฤษฎีจากการปฏิบัติจริง ได้ฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง ให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง (ลือเดช ปิตุพงศ์ ,2553: สุรพล วิหคไพบูลย์ ,2543: พันศักดิ์ สายแสงจันทร์, 2544) วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่แสดงเหตุและผลของสมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำให้ความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน เพราะเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นตัวการสำคัญที่นำเอาความรู้และประสบการณ์เข้าไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว (นพพร

เสนีย์คุปต์:2547,57) ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในครั้งนั้น ๆ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้สื่อที่ทำให้เกิดการรับรู้ที่ไม่เหมาะสมกันมากอันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวกคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนจะรับรู้และเกิดผลของการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน แต่ปัญหาใหญ่ที่พบอีกประการคือ ครูฟิสิกส์/ครูวิทยาศาสตร์ หลีกเลี่ยงที่จะทำการทดลอง ซึ่งไม่ใช่เกิดขึ้นกับเฉพาะครูไทยเท่านั้น แม้แต่ในประเทศที่มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าและทันสมัยก็เกิดปัญหานี้เช่นเดียวกัน (J. Sumrall, 1997:12) เหตุผลที่ครูหลีกเลี่ยงการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้มีการทดลองนั้น William J. Sumrall สรุปไว้ 5 ประการ คือ ครูทำงานมากขึ้น ยุ่งยากเกินไป ครูขาดความรู้ทางเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ต้องใช้เวลาในการสอนเพิ่มขึ้น และ อุปกรณ์ไม่เพียงพอ ดังนั้นวิธีที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง คือการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอ ในการเรียนการสอน และยังช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทเรียน (Sharma,1982: 262-263) การที่ครูได้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้นจะได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อมา

การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย มีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถอธิบายหลักพื้นฐานทางฟิสิกส์ได้ รู้จักวิเคราะห์คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ศึกษาความสัมพันธ์ของเนื้อหาฟิสิกส์ เพื่อความรู้เหล่านี้นำไปใช้ประโยชน์ต่องานวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษานั้นจะประกอบด้วยภาคบรรยายและภาคปฏิบัติการ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการมีจุดประสงค์ที่สำคัญคือให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง ซึ่งจากที่กล่าวมาเบื้องต้นทราบแล้วว่าองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนภาคปฏิบัติการ คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นตัวการสำคัญที่นำความรู้และประสบการณ์ไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน การเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมอันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวก หรือความคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรับรู้และส่งผลต่อการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน สำหรับวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่แสดงเหตุและผลของสูตร สมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นเป็นสื่อการสอนที่ทำให้ความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน

รายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตรชีวภาพ หรือ ฟิสิกส์ทั่วไป หรือ ฟิสิกส์พื้นฐาน หรือฟิสิกส์เบื้องต้น ที่เป็นรายวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษาจากคณะ

ต่างๆ เช่น นักศึกษาจากวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะนวัตกรรมเกษตร วิทยาลัยแพทยศาสตร์ คณะเทคนิคการแพทย์ คณะเภสัชศาสตร์ และ คณะวิทยาศาสตร์ จะประกอบด้วยเนื้อหาหลัก คือ การเคลื่อนที่ แรงและกฎการเคลื่อนที่ งานพลังงาน โมเมนตัม ของไหล ความร้อน ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งทุกเนื้อหาย่อมมีความสำคัญเพราะเป็นพื้นฐานของการนำไปประยุกต์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละสาขา จากความสำคัญของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาการเคลื่อนที่ แรงและกฎการเคลื่อนที่ งานพลังงาน โมเมนตัมการพัฒนาชุดทดลองแรง (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ: 2550) การชุดทดลองโมเมนต์และวัดแรงดึงผิว (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ: 2551) การพัฒนาชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมที่ปรับค่าได้ (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ: 2552) การสร้างชุดทดลองค่านิจสปริง (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ:2553) การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่บนรางโค้ง (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ:2553) การพัฒนาชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก (กาญจนา จันทร์ประเสริฐ:2554) จากการศึกษา ทดสอบ และทดลองใช้ชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้นนั้นอยู่ในเกณฑ์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อชุดทดลองดังกล่าวอยู่ในระดับเห็นด้วยว่าการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสนับสนุนการเรียนรู้ และ นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังมีข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยทำการพัฒนาชุดทดลองเรื่องอื่นเพิ่มเติมอีก

ในหัวข้อของไหลนั้นเป็นการศึกษาคุณสมบัติของของไหลที่ประกอบด้วย ความดันของไหล สมการความต่อเนื่อง และ หลักการแบร์นูลีซึ่งเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญอย่างมากเช่นเดียวกันนำไปอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในแต่ละสาขาวิชาชีพ เช่น หลักการแบร์นูลีที่นำไปประยุกต์ในทางการบิน ซึ่งดาเนียล แบร์นูลี ได้ศึกษาเรื่องกลศาสตร์ของไหลเขียนไว้หนังสือเรื่อง hydrodynamica หรือ การไหลของของไหลในระบบท่อส่งของเหลวที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบงานทางวิศวกรรม ระบบการส่งน้ำทางการเกษตร รวมไปถึงการไหลเวียนของของของเหลวภายในร่างกาย ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่แสดงด้วยสูตรและสมการต่างๆ ถ้านักศึกษาไม่เข้าใจในความสัมพันธ์ของสูตรและสมการเหล่านั้นจะไม่สามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้ไปยังปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ โดยเฉพาะในรายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตรชีวภาพ ซึ่งเป็นรายวิชาสำหรับนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ แต่ถ้ามีเครื่องมือหรือชุดทดลองที่สามารถแสดงให้เห็นสูตรและสมการของการไหลของของไหลอย่างเป็นรูปธรรม เช่น การลดขนาดของท่อ หรือการเปลี่ยนระดับของท่อเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดเลือดภายในร่างการแล้วอัตราการไหลเวียนหรือความดันของเลือดจะเป็นอย่างไร จะทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แต่ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยรังสิตยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลองใน

ลักษณะเช่นนี้ และจากการศึกษาค้นคว้าผู้วิจัยพบว่าส่วนใหญ่จะมีชุดทดลองการวัดอัตราการไหลที่ใช้ในการจัดการเรียนการในคณะวิศวกรรมศาสตร์ หรือ การพัฒนาชุดทดลองการวัดอัตราการไหลและการสูญเสียในท่อ (กฤษดา ศิริเจริญสมบัติ และ คณะ :2554 , กุญชร ศรีพินิจ และคณะ :2554) ซึ่งเป็นชุดทดลองที่ใช้ในลักษณะประยุกต์เฉพาะสาขายังไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้วิจัยที่ต้องการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆในการเรียนทฤษฎีเรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลีของของไหลในระดับพื้นฐานที่จะนำไปสู่การประยุกต์ต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่จะใช้เป็นสื่อการสอนในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์หัวข้อของไหลในส่วนของพลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics) และมีการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

8.วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีและศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น
2. ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองที่พัฒนา

9.สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ให้ผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 % และมีประสิทธิผลคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ของผู้เรียนที่ใช้ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมากกว่า 50%
2. ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีอยู่ในระดับมาก

10.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ทางตรงจากวิจัยครั้งนี้ ได้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่มีประสิทธิภาพที่ให้ผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 % และมีประสิทธิผลในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ประโยชน์ทางอ้อมต่อมหาวิทยาลัย นำชุดทดลองไปใช้ในการอบรมปฏิบัติการฟิสิกส์แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ขอรับบริการทางวิชาการกับภาควิชาฟิสิกส์

11. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวสอบก่อน-สอบหลัง (One group pretest – posttest design)

12. เครื่องมือในการวิจัย

1. ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

2. คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่เรียบเรียงโดยผู้วิจัย ที่ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ ทฤษฎีของสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลี วัตถุประสงค์การทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (ชุดทดลองที่วิจัยพัฒนาขึ้น) วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง ซึ่งคู่มือฯนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อทดสอบหาประสิทธิผลและประสิทธิภาพของเครื่องมือ

3. แบบวัดความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ โดยคัดเลือกจากคลังข้อสอบรายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตรชีวภาพ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2559 ของผู้วิจัย ที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0-1.00 และ ความยากง่ายตั้งแต่ 0.2-0.6 ความเชื่อมั่นรายข้อมากกว่า 0.75 แล้วนำมา Try out เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือโดยวิเคราะห์ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นซ้ำอีกครั้ง กับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตรชีวการแพทย์ จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตรชีวภาพ (PHY 135) เช่นเดียวกัน

4. แบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี นำมาจากแบบสำรวจความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม ของ พงศ์ดนัย โตเลี้ยง และกาญจนา จันทร์ประเสริฐ (2558) ที่ได้หาค่า IOC ของแบบสำรวจมีค่า มากกว่า 0.5 ทุกรายข้อ โดยมีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบเรียงลำดับ (Ordinal Scales) แบบลิเคิร์ท (Likert's Scale) 5 ระดับโดยเลือกข้อความทางบวกประกอบด้วย 3 ด้าน (15 ข้อย่อยดังนี้

<u>1. ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป</u>

1.1 มีความแข็งแรงทนทาน

1.2 มีรูปทรงและขนาดเหมาะสม

1.3 การออกแบบดึงดูดความสนใจ

1.4 ส่วนแสดงผลข้อมูลของชุดทดลองชัดเจน

1.5 ชิ้นส่วนสามารถประกอบขึ้นได้ง่าย

<u>2. ด้านการนำไปใช้ในการทดลอง</u>

2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกณ์และการทดลองทำได้สะดวก

2.2 มีความคล่องตัวในการปฏิบัติการทดลอง

2.3 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง

2.4 ใช้เวลาในการทดลองเหมาะสมและสรุปผลการทดลองได้

2.5 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง

3. ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง

3.1 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3.2 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเสริมความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

3.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนระดับสูง

3.4 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาได้

3.5 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประกอบการเรียนในรายวิชาอื่นๆ

มีเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	แปลความหมาย
1.00-1.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อยที่สุด
1.50-2.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อย
2.50-3.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยปานกลาง
3.50-4.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมาก
4.50-5.00	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมากที่สุด

13. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

   เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน = $\left|\frac{X_{std} - X_{ex}}{X_{std}}\right| \times 100\%$

   X_{std} = ค่าอัตราการไหล/ความดันที่ได้จากการอ่านค่า Rota meter และ Pressure gauge

   X_{ex} = ค่าอัตราการไหล/ความดันที่บันทึกผลจากการทดลองโดยใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

2. การวิเคราะห์ประสิทธิผลของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีจากการวิเคราะห์คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ของกลุ่มตัวอย่าง

   Relative Gain Score = $\frac{100(Y - X)}{F - X}$

   Relative Gain Score = คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์

   F = คะแนนเต็มของการวัดทั้งครั้งแรกและครั้งหลัง

   X = คะแนนการวัดครั้งแรก

   Y = คะแนนการวัดครั้งหลัง

3. ความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

μ = Population mean ค่าเฉลี่ยของประชากร หาได้จาก

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}$$

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

x_i คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัดแต่ละครั้ง

N คือ จำนวนครั้งของการทดลอง

σ = Population Standard deviation ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของประชากร หาได้จาก

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}{N-1}}$$

โดยที่ x_i คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัดแต่ละครั้ง

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนครั้งที่วัด

14. วิธีการดำเนินงานตลอดโครงการ

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ
2. วัดความรู้ก่อนเรียนด้วยแบบวัดความรู้ก่อนเรียน
3. ดำเนินการใช้ชุดทดลองในการทดลองตามคู่มือปฏิบัติการ
4. วัดความรู้ก่อนเรียนเรื่องชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี
5. สำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี
6. วัดความรู้หลังเรียนด้วยแบบวัดความรู้หลังเรียนซึ่งเป็นชุดเดียวกับแบบวัดความรู้ก่อนเรียน
7. นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองมาวิเคราะห์จากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

8. นำข้อมูลจากแบบวัดความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์การคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์เพื่อหาประสิทธิผลของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

9. นำข้อมูลความพึงพอใจมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

15. ขอบเขตงานวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาคณะทัศนมาตรศาสตร์ ที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY135) ภาคเรียนที่ 2/2560 จำนวน 120 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะทัศนมาตรศาสตร์ ที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY135) ภาคเรียนที่ 2/2560 จำนวน 120 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling group) เนื่องจากผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบรายวิชานี้

(กลุ่มตัวอย่าง try out แบบวัดความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน คือ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตรชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียน วิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคปฏิบัติการ (PHY135) ภาคเรียนที่ 2/2560 จำนวน 40 คน)

16.นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี หมายถึงชุดทดลองที่ออกแบบและพัฒนาสร้างขึ้นใหม่โดยผู้วิจัย

2. ประสิทธิผลของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองโดยใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลีของของไหลในท่อที่พัฒนาขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

3. คะแนนพัฒนาการ (growth score) หมายถึง ค่าที่เป็นตัวเลขจากการเปรียบเทียบผลการวัดพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน เป็นคะแนนที่ได้จากการวัดความรู้ก่อนเรียน และคะแนนที่ได้จากการวัดความรู้หลังเรียน ของผู้เรียนที่ใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่พัฒนาขึ้น

4. คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) หมายถึง สัดส่วนของผลต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากการวัดความรู้ก่อนเรียน และคะแนนที่ได้จากการวัดความรู้หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่พัฒนาขึ้นคูณอัตราส่วนด้วย 100 เพื่อแสดงค่าเป็นร้อยละ

5. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติทางบวกที่ผู้เรียนมีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีแสดงออกมาเป็น 5 ระดับ คือ ความพึงพอใจมากที่สุดมาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

17.กรอบแนวคิดการวิจัย

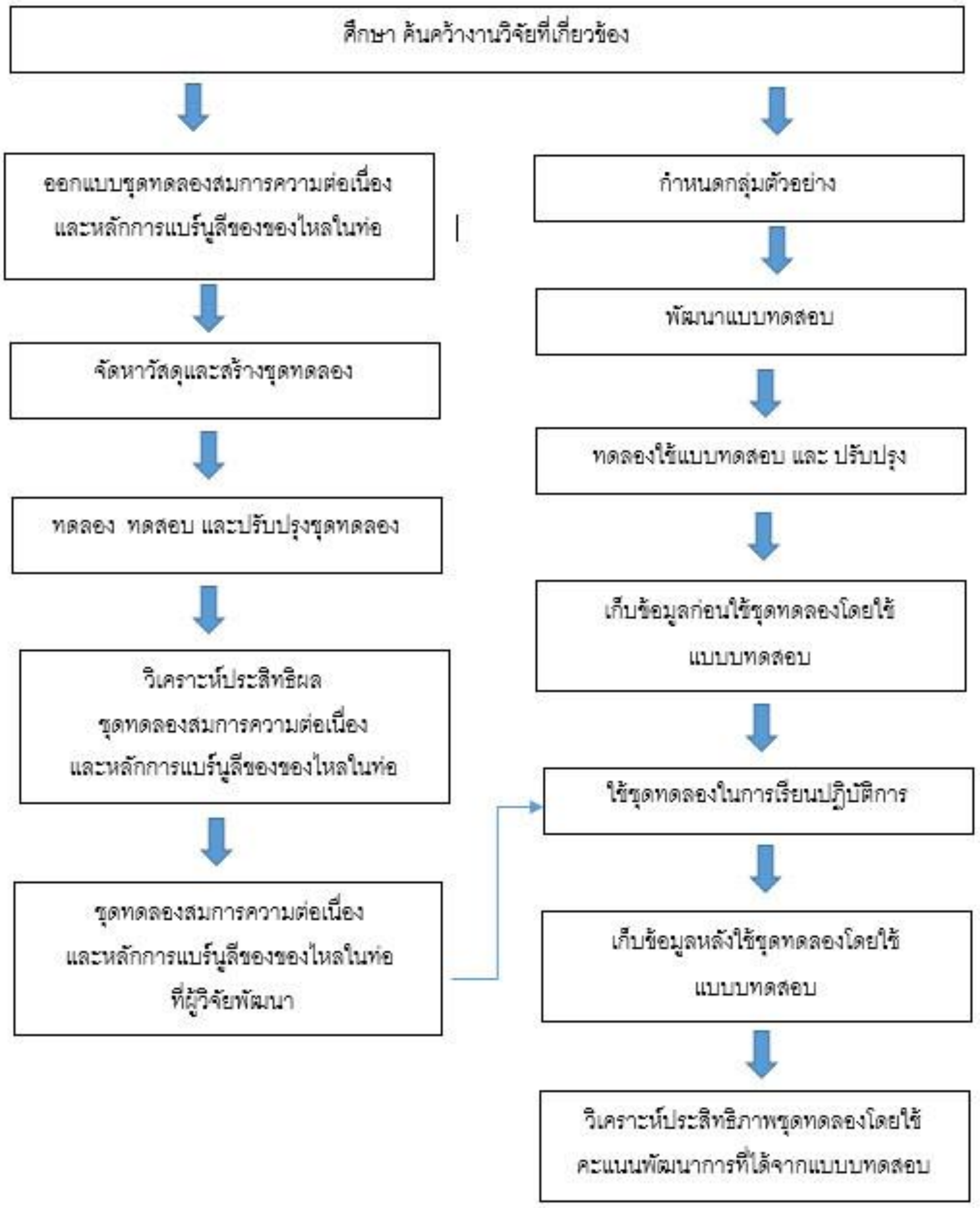
ตัวแปรอิสระ

การใช้ชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีที่พัฒนาโดยผู้วิจัย

ตัวแปรตาม

1. ประสิทธิภาพที่ให้ผลการทดลอง และมีประสิทธิผลคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score)
2. ความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี

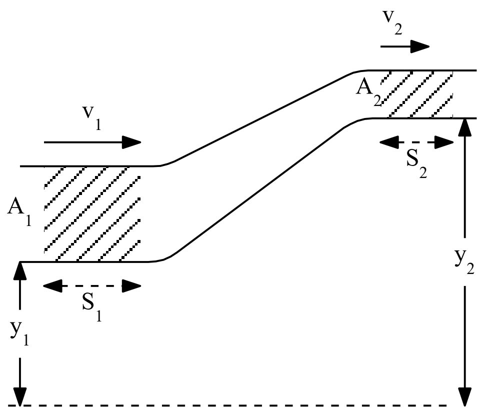
18. กรอบการดำเนินงานการวิจัย



19. ทฤษฎีสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลีของของไหล

สมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลีของของไหล เป็นการอธิบายคุณสมบัติการไหลของของไหล โดย สมการความต่อเนื่องจะอธิบายการไหลของไหลที่มีขนาดของท่อหรือพื้นที่หน้าเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลถึงอัตราเร็วของไหลในท่อ ส่วนสมการแบร์นูลี จะอธิบายคุณสมบัติของของไหลในท่อที่มีการยกระดับของท่อที่เปลี่ยนแปลงให้สูงขึ้นหรือลดลง จะส่งผลถึงความดันของของไหลภายในท่อ ซึ่งจะเป็นตามทฤษฎีดังนี้

แดเนียล แบร์นูลลี (Deniel Bernoulli :1700-1782)ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของไหลโดยมีเงื่อนไขว่า ของไหลนั้นเป็นของไหลในอุดมคติ ไม่มีแรงเสียดทาน และความหนืด เข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการไหลแบบราบเรียบ นั่นคือ มวลของไหลที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งมีค่าคงตัว



รูป 1 ท่อตามทฤษฎีแบร์นูลลี

พิจารณาของไหลในท่อดังรูป

A_1, A_2 เป็นพื้นที่หน้าตัดของปลายทั้งสองของท่อ

S_1, S_2 เป็นการกระจัดในการเคลื่อนที่ของของไหลในท่อ

v_1, v_2 เป็นความเร็วของไหลในท่อในขณะที่ของไหลนั้นเคลื่อนที่ผ่านปลายทั้งสอง

ให้ของไหลปริมาตรหนึ่งผ่านท่อจาก A_1 ไป A_2 โดยที่เวลาที่ผ่าน A_1 และ A_2 เท่ากับ Δt

$$\Delta v_1 = A_1 v_1 \Delta t$$

$$\Delta v_2 = A_2 v_2 \Delta t$$

มวลของไหล $\Delta m = \rho V$

มวลที่ผ่านพื้นที่ $A_1 = \rho A_1 v_1 \Delta t$

มวลที่ผ่านพื้นที่ $A_2 = \rho A_2 v_2 \Delta t$

แต่จากสมบัติของของไหลในอุดมคติมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลามีค่าคงตัว $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)$

$$\rho A_1 v_1 \Delta t = \rho A_2 v_2 \Delta t$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{(สมการความต่อเนื่อง)}$$

$$Av = \text{ค่าคงตัว}$$

นั่นคือ ถ้าพื้นที่หน้าตัดของท่อมีขนาดลดลงอัตราเร็วของของไหลจะเพิ่มขึ้น เรียกสมการนี้ว่า **สมการแห่งความต่อเนื่อง (Continuous equation)** ซึ่งผลคูณของพื้นที่หน้าตัดกับอัตราเร็ว เรียกว่า **อัตราการไหล** มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร /วินาที

งานที่เกิดจากแรงดันที่ปลาย A_1 = $P_1A_1S_1$

งานที่เกิดจากแรงดันที่ปลาย A_2 = $P_2A_2S_2$

งานเนื่องจากน้ำหนักของของไหล = $-mg(y_2 - y_1)$

งานทั้งหมด = $P_1A_1S_1 - P_2A_2S_2 = -mg(y_2 - y_1)$

แต่ A_1S_1, A_2S_2 เป็นปริมาตรของไหลที่เท่ากันและปริมาตรเท่ากับ $\frac{m}{\rho}$

งานที่ทำเท่ากับการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของของไหล = $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

$$P_1\frac{m}{\rho} - P_2\frac{m}{\rho} - mg(y_2 - y_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

หรือ $P + \frac{1}{2}mv^2 + \rho g y$ = ค่าคงตัว

เรียกสมการนี้ว่า สมการแบร์นูลลี (Bernoulli’s equation)

จากทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่นำมาแสดงจะเห็นว่าสมการความต่อเนื่องจะแสดงเป็นค่าอัตราการไหล ดังนั้นในการสร้างชุดทดลองหรือการศึกษาสมการความต่อเนื่องจะใช้ว่าศึกษาอัตราการไหล หรือวัดอัตราการไหลได้เป็นที่เข้าใจเช่นเดียวกัน

20. ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างหรือพัฒนาชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลี แต่ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นชุดทดลองการวัดอัตราเร็วของของของไหลทางวิศวกรรมศาสตร์โดยตรง ซึ่งแสดงสมการความต่อเนื่อง แต่ไม่ได้แสดงหลักการแบร์นูลีอย่างชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเสนอบางส่วนในข้อเสนอโครงการดังนี้

ภาคภูมิ ศีรรมรื่น (2548) ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ศึกษาลักษณะการไหลของของไหลกับเครื่อง Particle Image Velocimetry (PIV) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลของของไหลเมื่อไหลผ่านท่อที่ลดขนาดและเพิ่มขนาดโดยใช้นำและอากาศเป็นสารตัวกลาง ในการทดลองที่มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 30 และ 35 ลิตรต่อนาที และทดลองที่อัตราการไหลของ

อากาศเท่ากับ 28 และ 33.6 ลิตรต่อนาที ใช้เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลด้วยเทคนิคถ่ายภาพจากแสงเลเซอร์และอนุภาคที่ผสมเข้าไปในของไหลศึกษาความเร็วและทิศทางของของไหลโดยอาศัยหลักการทำงานของการสะท้อนของแสงเลเซอร์ที่สะท้อนกับอนุภาคพร้อมกับถ่ายภาพอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ทราบถึงลักษณะการไหลของของไหลที่อยู่ในท่อ จากการทดลองพบว่า เมื่อของไหลไหลผ่านท่อที่เพิ่มขนาด ความเร็วจะลดลงและเกิดการหมุนวนของของไหลในบริเวณของขอบ Test section ขึ้นด้วย และเมื่อของไหลไหลผ่านท่อที่ลดขนาด พบว่าความเร็วของของไหลจะเพิ่มขึ้นและมีการหมุนวนของของไหลในบริเวณของขอบ Test section บ้างเล็กน้อย ซึ่งผลการทดลองที่ได้จาก เครื่องวัดความเร็วของของไหลด้วยเทคนิคการถ่ายภาพจากเลเซอร์จะเป็นลักษณะการไหลในบริเวณระนาบที่เลเซอร์ฉายไปกระทบกับอนุภาคที่อยู่ในระนาบเดียวกับแสงเลเซอร์ทั้งหมด

กฤษดา ศิริเจริญสมบัติ และ คณะ (2554)ได้ศึกษาการพัฒนาชุดการทดลองการวัดอัตราการไหลและการสูญเสียในท่อ โดยออกแบบและพัฒนาชุดทดลองการไหลภายในท่อ ซึ่งใช้ชุดทดลองเดิมเป็นแนวทางในการ ออกแบบ การออกแบบและพัฒนานี้จะเริ่มจากการศึกษาและหาข้อบกพร่องหรือข้อด้อยของชุดทดลองเดิม จากนั้นจะทำการแก้ไขปรับปรุง และเพิ่มเติมในส่วนที่จำเป็นที่จะต้องให้ผู้ทดลองทำการศึกษา ซึ่งจะกล่าวในเนื้อหาต่อไป การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองการไหลภายในท่อ เนื้อหาจะเน้นการวิเคราะห์เพื่อออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหล คือ Venturi meter และ Orifice meter รวมไปถึงการหา Friction loss ภายในระบบเพื่อเปรียบเทียบจากทฤษฎีและผลการทดลอง และตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความดันตกคร่อมภายในระบบ ซึ่งมีการพัฒนาชุดทดลองได้แก่ การออกแบบระบบเก็บน้ำเพื่อลดการสั่นสะเทือนของ Head tank โดยการนำตัวลดแรงกระแทกและชุดลด Water hammer มาติดตั้งเข้าไปในระบบถังเก็บน้ำ จึงทำให้ระบบถังเก็บน้ำไม่มีการสั่นสะเทือน ระบบการตวงวัดเพื่อวัดอัตราการไหลได้ออกแบบให้มีความแม่นยำมากขึ้น การออกแบบ Orifice meter ที่ให้ค่าได้ตรงตามมาตรฐานหรือค่าที่สามารถยอมรับได้ และการออกแบบให้สามารถวัดอัตราการไหลได้ 50 ลิตรต่อนาที จากการที่ได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์การทดลองนี้ ทำให้ได้ค่าจากการทดลองมีความ ใกล้เคียงกับทางทฤษฎีมากยิ่งขึ้น ซึ่งดูได้จากการเปรียบเทียบในเนื้อหาที่กล่าวไว้ในรายงาน ในชุดทดลองนี้จะทำให้ผู้ทดลองได้ศึกษาและเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน คือ เครื่องมือวัดอัตราการไหล Venturi meter และ Orifice meter ซึ่งเป็นอัตรากรวัดการไหลภายในท่อ และรู้หลักการตวงวัดเทียบเวลาที่เป็นพื้นฐานในการวัดอัตราการไหล นอกจากนี้ยังสามารถหา Friction loss ภายในระบบ ที่จุดต่างๆได้

กุญชร ศรีพินิจ และคณะ (2554) ได้ศึกษาชุดสาธิตอัตราการไหลของของไหล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองของของไหลภายในท่อ ผู้วิจัยได้ออกแบบจำลองชุดสาธิตอัตราการไหลของไหลให้มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้ง่ายสะดวกต่อการทดลอง มีความเหมาะสมในการออกแบบเครื่อง สามารถทดลองได้ตามวัตถุประสงค์ ให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเครื่องกล ด้านฝ่ายการผลิต ด้าน

เครื่องมือวัดและด้านควบคุมที่มีประสบการณ์ในการทำงานได้ประเมินคุณภาพจจากการทดลอง โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่าชุดสาธิตอัตราการไหลของของไหลมีค่า IOC เท่ากับ 0.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงกล่าวได้ว่าชุดสาธิตอัตราการไหลของของไหลสามารถใช้เป็นสื่อจำลองการไหลของของไหลในท่อเพื่อให้เข้าใจรูปแบบการไหลที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ชินาวุธ เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ ประกิต กิจพาณิชย์การ (2553) ได้ศึกษาเครื่องวัดความเร็วน้ำในแม่น้ำ โดยได้นำเสนอเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความเร็วของน้ำโดยการศึกษาและวิจัยเรื่องเครื่องวัดความเร็วน้ำ (Flow meter) โดยใช้ หลักการ Ultrasonic เพื่อศึกษาและป้องกันอันตรายจากน้ำ ซึ่งประกอบด้วย 3 วิธีการทดลองที่แตกต่างกันออกไป โดยใช้บอร์ดการ ทดลอง Arduino V1.16 ซึ่งมีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT mega 328 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก คำนวณหาความเร็วน้ำโดยใช้วิธีหลักการ ความต่างของเวลา (Time Different) ด้วยการส่งคลื่น Ultrasonic ผ่านไป ยังน้ำที่เป็นตัวกลาง ใช้หลักความสัมพันธ์ของการไหลของน้ำและการ เปลี่ยนแปลงของความเร็วคลื่น ในการหาความเร็วน้ำ ซึ่งให้ผลถูกต้อง และแม่นยำมากที่สุด ซึ่งผลที่วัดได้จะถูกส่งไปยังจอ LCD เพื่อแสดงผลต่อไป

ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง, โชคศิลป์ ธนเฮืองและอุดม ทิพราช (2554) ได้ศึกษาการใช้ชุดปฏิบัติการของไหลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างและใชชุดปฏิบัติการของไหล (2) พัฒนาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน (3) ศึกษาความคงทนทางการเรียน และ (4) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการ สอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการกับนักเรียนที่เรียนปกติ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 โรงเรียนรามันห์ศิริวิทย์ ปีการศึกษา 2553 จำนวน 17 คน การวิจัยเป็นแบบ Pretest posttest control group design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดปฏิบัติการของไหล และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ การทดสอบค่าที และค่า Average normalized gain (<g>) ผลการวิจัยพบว่า (1) คะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการของไหลหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย average normalized gain เท่ากับ 0.76 ซึ่งอยู่ ระดับสูง (3) คะแนนสอบหลังการเรียนกับคะแนนสอบวัดความคงทนทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ ระดับ.01 และ (4) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการของไหลมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าชุดปฏิบัติการของไหลที่สร้าง ขึ้นสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้

เพลินพิศ ป่านแก้ว (2556) ได้ศึกษาผลของเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่อการไหลในท่อ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือทดลองที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ ความเร็วของ

การไหล ความหนืดของของไหล ขนาดของท่อ และสภาวะการไหลของของไหลในท่อ พร้อมจัดทำคู่มือปฏิบัติการ ผลของเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่อการไหลในท่อ (The Influence of Reynolds Number in Pipe Flows) เครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นได้อาศัยวิธีการของ Osborne Reynolds (ค.ศ. 1842-1912) นักวิทยาศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษผู้สังเกตพบความแตกต่างของลักษณะการไหลของการไหลสามแบบจากเครื่องมือทดลองที่เขาสร้างขึ้น โดยปล่อยน้ำไหลผ่านท่อใสที่สามารถเห็น ลักษณะของการไหลจากเส้นการไหลของสีที่ฉีดเข้าไปในท่อ ที่อัตราการไหลต่ำ เส้นของสีที่ปล่อยออกจะมีลักษณะเป็นเส้นตามแนวการไหลและอาจมีการฟุ้งกระจายไปกับอนุภาคของของไหลที่อยู่โดยรอบบ้าง เมื่อปรับอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งเส้นสีมีการกระเพื่อมเป็นเส้นคลื่น และเมื่อเพิ่มอัตราไหลให้มากขึ้นเรื่อย ๆ จะพบว่าหากอัตราการไหลสูงเพียงพอระดับหนึ่งเส้นสีจะมีลักษณะฟุ้งกระจายไปทั่วอย่างไม่มีทิศทางในทันทีที่สีถูกปล่อยออก ลักษณะทั้งสามแบบนี้ถูกเรียกว่า สภาวะการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) สภาวะการไหลแบบเปลี่ยนแปลง (Transition Flow) และ สภาวะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ตามลำดับ โดยสภาวะการไหลทั้งสามสามารถบอกได้ด้วยค่าตัวแปรไร้มิติที่เรียกว่า เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds Numbers ; Re) เมื่อ เรย์โนลด์นัมเบอร์ น้อยกว่า 2,000 สภาวะการไหลแบบราบเรียบ ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์อยู่ระหว่าง 2,000 ถึง 4,000 สภาวะการไหลเป็นแบบเปลี่ยนแปลง ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์มากกว่า 4,000 สภาวะการไหลแบบปั่นป่วน จากการทดลองโดยเครื่องมือที่สร้างขึ้น เมื่อวัดอัตราการไหล และหาความเร็วของการไหลในท่อจากสมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation) แล้วนำไปหาค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ จากการนำค่าความเร็วของการไหลคูณด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อใสหารด้วย ความหนืดเปรียบเทียบของน้ำ (Kinematics viscosity; ν) พบว่าที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ 1,305.36 เส้นสีมีการไหลตามแนวการไหล เมื่อเพิ่มอัตราการไหลโดยการเปิดวาล์วน้ำเพิ่มขึ้นคำนวณค่าเรย์โนลด์ได้3,886.10 เส้นสีมีการกระเพื่อมเป็นเส้นคลื่นแสดงว่ามีสภาวะการไหลแบบเปลี่ยนแปลง ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ 7,713.13 16,329.60 และ 15,761.62 เส้นสีมีการฟุ้งกระจายทันทีที่ถูกปล่อยแสดงว่ามีสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน จึงกล่าวได้ว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถแสดงให้เห็นสภาวะการไหลทั้งสามแบบซึ่งมีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์สสอดคล้องเป็นไปตามทฤษฎี แต่ยังคงมีข้อควรปรับปรุงในด้านการควบคุมระดับน้ำในถังทดลองเพื่อรักษาระดับแรงดันของน้ำที่จะไหลเข้าท่อใสให้คงที่ จึงจะทำให้การทดลองแสดงให้เห็นสภาวะการไหลทั้งสามสภาวะได้อย่างต่อเนื่อง

ฤทัยวรรณ คำดี และคณะ (2559) ได้ศึกษาการจำลองมาตรวัดทางชลศาสตร์โดยการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับวัดอัตราการไหลในเส้นท่อด้วยระเบียบวิธีทาง พลศาสตร์ของไหลโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับความดันที่วัดได้จากเครื่องมือจากชุดปฏิบัติการ ได้แก่ 1). มาตรวัดชนิดแผ่นเจาะรู (Orifice Meter) 2). มาตรวัดชนิดท่อเวนจูรี (Venturi Meter) และ 3). มาตรวัดชนิดท่อปิโตด (Pitot

Tube) ซึ่งผลการทดลองพบว่าช่วงอัตราการไหลสูงจะส่งผลให้ค่าผลต่างความดันที่ได้ จากแบบจำลอง CFD เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากชุดปฏิบัติการมีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง แบบจำลอง CFD มาตรวัดชนิดท่อปิโตดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากสุด คือ 5.28 และ มีค่า NSE คือ 0.957 และค่าเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือแบบจำลอง CFD มาตรวัดชนิดแผ่นเจาะรูมีค่า -5.98 และ NSE คือ 0.975 ส่วนค่า สัมประสิทธิ์ความเร็วของการไหล (C) ที่ได้จากแบบจำลอง CFD นั้นสอดคล้องกับค่าที่ได้จากชุดปฏิบัติการ

สรุปจากการค้นคว้างานวิจัยพบว่า ส่วนใหญ่เป็นชุดทดลอง หรือ เป็นการศึกษาการวัดอัตราการไหลของของเหลว ซึ่งใช้สมการความต่อเนื่องเป็นการอธิบาย แต่ยังขาดความสัมพันธ์ของสมการแบร์นูลี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการวิจัยชุดทดลองสมการความต่อเนื่องและหลักการเรื่องของไหลในท่อของแบร์นูลีเพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ทั้งสองเรื่องเข้าด้วยกัน

21. เอกสารอ้างอิง

1. กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2550.การพัฒนาชุดทดลองเรื่องสมดุลแรง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ: RSU Research Conference 2007, มหาวิทยาลัยรังสิต.:329-331
2. กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2553.การสร้างชุดทดลองค่านิจสปริง.เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 6: วิถีชีวิตยั่งยืนบนพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียง, มหาวิทยาลัยนเรศวร:302-308
3. กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2551.ชุดทดลองโมเมนต์และความตึงผิว.รวมบทคัดย่อการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียนครั้งที่ 18 (วทร.18), สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมหาวิทยาลัยศิลปากร:256
4. กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2554.ความคิดเห็นต่อชุดทดลองโมเมนต์ความเฉื่อยและชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ นเรศวรวิจัย 7 ก้าวสู่ทศวรรษที่ 3 มุ่งมั่นงานวิจัยพัฒนาชาติไทยให้ยั่งยืน. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก:1053-1060.
5. กฤษดา ศิริเจริญสมบัติ และ คณะ .2554.การพัฒนาชุดการทดลองการวัดอัตราการไหลและการสูญเสียในท่อ. โครงการของนักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลยัขอนแก่น.ขอนแก่น
6. กุญชร ศรีพินิจ และคณะ. 2554.ชุดสาธิตอัตราการไหลของของไหล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองของของไหลภายในท่อ.ปริญญานิพนธ์ หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.ชลบุรี.
7. ชินาวุธ เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ ประกิต กิจพาณิชย์การ .2553. เครื่องวัดความเร็วน้ำในแม่น้ำ สืบค้นจาก http://www.research.eng.ku.ac.th/
8. โช สาลีฉัน .2541.เทคโนโลยีพื้นฐานการสร้างสื่อการสอน.พิมพ์ครั้งที่ 2.โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น.กรุงเทพฯ.

9. ทะนง อัครธีรานนท์.2555. การพัฒนาชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือกประสิทธิภาพสูงสำหรับทำปฏิบัติการและการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่องคลื่น.ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.กรุงเทพฯ.
10. ธงชัย ชิวปรีชา และคณะ.2526. ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ทดแทนการสอน.เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-15 หน้า 17-272. สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.นนทบุรี.
11. ธีระยุทธ เพลิดพริ้ง, ทักษิณา เครือหงส์ และศิริพรรณ รุ่งสังข์ .2556. การสร้างชุดการเรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 เรื่อง การหาความเร็วเสียงโดยวิธีเรโซแนนซ์ .วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนครฉบับพิเศษ.
12. นพพร เสนีย์คุปต์. 2547. การพัฒนาชุดทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.
13. ปรีณาพรรณ พิมพ์พิศาล และกัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล . 2557. การสร้างชุดทดลองเพื่อ หาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6
14. พงศ์ดนัย โตเลี้ยง และกาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2558.การสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อเสริมการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี.เอกสารประกอบการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยศิลปากรวิจัยและสร้างสรรค์ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม:O81-O87.
15. พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. 2544. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.กรุงเทพฯ.
16. เพลินพิศ ป่านแก้ว . 2556. ผลของเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่อการไหลในท่อ เอกสารประกอบการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับนานาชาติ 2013 , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.นนทบุรี.28-29 พฤศจิกายน 2556,
17. ภาคภูมิ ศิรีรมรื่น .2548.การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ศึกษาลักษณะการไหลของของไหลกับเครื่อง Particle Image Velocimetry (PIV).ภาควิชาวิศวกรรมเครื่อง คณะวิศวกรรมศาสตร์.งานวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.กรุงเทพฯ.
18. ฤทัยวรรณ คำดี, ปัทม์วัลลิ์ สุวรรณฉัตร,สุพานี แก้วมีมา และ วราวุธ วุฒิวณิชย์ .2559 .การจำลองมาตรวัดทางชลศาสตร์โดยการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหล. สืบค้นจาก http://irre.ku.ac.th/project/

19. ลือเดช ปิตุพงศ์. 2553. การพัฒนาชุดการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานระดับปริญญาตรี. วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต 6(3) : 12 – 21.
20. ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง,โชคศิลป์ ธนเฮืองและอุดม ทิพราช .2554.การใช้ชุดปฏิบัติการของไหลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12 .มหาวิทยาลัยขอนแก่น .ขอนแก่น.12-13 กุมภาพันธ์ 2552
21. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2543. มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี.กรุงเทพฯ.
22. สุรพล วิหคไพบูลย์. 2543. การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.
23. Batchelder, Howard T.1956. Audiovisual Material in Teaching Education. New York: McGraw-Hill.
24. Douglas, Macbeth.1988, December. “On an Actual Apparatus for Conceptual Change,” Science Education.841 (2):228-255.
25. Imou, K., M. Ishida, T. Okamoto, Y. Kaizu, A. Sawamura, and N. Sumida. (2001). Ultrasonic Doppler Sensor for Measuring Vehicle Speed in Forward and Reverse Motions Including Low Speed Motions. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 007. Vol. III.
26. Kanchana Chanprasert. 2010. Development of the curved track set and the spring constant experimental set. 36th Congress on science and technology of Thailand “Towards a better society through science and technology” CD rom.
27. Sharma, R.C. 1982. Modern Science Teaching 3rd. Delhi: Neveen Shahdara, D.R. printing service.
28. Sumrall, J. William.1997. “Why Avoid Hands-On-Science?” Science Scope January. 20(4):16-19

22. แผนการทำงานและระยะเวลาทำการวิจัย ปีการศึกษา 2560 (ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่ 1พ.ย.60 สิ้นสุดโครงการ 31 ก.ค.61 รวม 9 เดือน)

รายละเอียดกิจกรรม	**พ.ย.-ธ.ค. 60**	**ม.ค.-ก.ค.61**
1.ศึกษาค้นคว้า ทบทวนวรรณกรรม	⟷	
2.สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล	⟷	
3.สร้างชุดทดลอง	⟷	⟷
4. ทดสอบการใช้ชุดทดลองและเครื่องมือในการเก็บข้อมูล	⟷	⟷
5. นำผลการทดสอบมาปรับปรุงชุดทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล		⟷
6.ทดลองใช้ชุดทดลองและเครื่องมือในการเก็บข้อมูล		⟷
7.วิเคราะห์ข้อมูล		⟷
8. จัดทำรูปเล่มรายงานที่สมบูรณ์		⟷

23. งบประมาณ

1. **หมวดค่าตอบแทน**
   - ค่าตอบแทนผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษาโครงการภายใน 1,000 บาท
2. **หมวดค่าวัสดุ**
   - Pressure gauge 3 ตัว 3,600 บาท
   - Rota meter (ชุดโมดูล+เขียนprogram) 3 ชุด 15,000 บาท
   - Gate Valve 5 ตัว 3,400 บาท
   - Diaphragm Valve 5ตัว 800 บาท
   - Orifice 1 ตัว 1,000 บาท
   - Venture 1 ตัว 100 บาท
   - Ball Valve 2 ตัว 2,800 บาท
   - Check Value 1 ตัว 1,300 บาท
   - ท่ออะครีลิคใส 3 ขนาด ยาว 50 cm 1,500 บาท
   - Centrifugal pump 3,500 บาท
   - อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างและประกอบตัวชิ้นงาน เช่น ท่อPVC ข้อต่อ อุปกรณ์เชื่อมต่อ ไม้อัด ฯลฯ 2,500 บาท
   - ค่าประกอบโครงสร้างจัดวางท่อ,การติดตั้งท่อและเครื่องมือวัดต่างๆ 3,500 บาท

3. หมวดค่าใช้สอย

- ค่าพิมพ์แบบสอบถาม(รวมประชากรและกลุ่ม try out)
  150 คน X 3 ชุด X20 บาท 9,600 บาท
- ค่าพิมพ์และทำสำเนารายงานฉบับสมบูรณ์ 5,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดเหมาจ่าย 1,000 บาท

รวมงบประมาณที่หัวหน้าโครงการได้รับ 55,600 บาท

4. หมวดค่าใช้จ่ายอื่นๆ (จ่ายในนาม ศสพ. รวมสูงสุด 15,700 บาท)

- ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน (Reader บทความวิจัย) 2,000 บาท
  (เฉพาะกรณีที่ตีพิมพ์บทความในวารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต)
- ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิอ่านข้อเสนอโครงการวิจัย 500 บาท
- ค่าตอบแทนผู้ตรวจสอบบทคัดย่อไทย-อังกฤษ ให้เหมาจ่าย 200 บาท
- ค่าสมนาคุณโครงการวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์
  (จ่ายให้หัวหน้าโครงการ) 3,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการเผยแพร่และนำเสนอผลงานวิจัย
  (จ่ายให้หัวหน้าโครงการ) 10,000 บาท

รวมเป็นจำนวนเงิน 71,300 บาท*

ลงนาม....................................ผู้เสนอโครงการ

24. ความเห็นของหัวหน้าภาควิชา/ หัวหน้าสาขาวิชา/ หัวหน้าหน่วยงาน

_____เห็นควรสนับสนุน เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง___________________

ลงนาม_________________________________ หัวหน้าหน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ)

…28……/…กันยายน……/…2560……

(หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์)

25. ความเห็นของคณบดี

____

____

____

ลงนาม________________________________ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(...ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นพ.วรชัย ศิริกุลชยานนท์.....)

…28……/…กันยายน……/…2560……

(คณบดีคณะวิทยาศาสตร์)

* หมายเหตุ โปรดแนบประวัตินักวิจัยมาพร้อมกันด้วย