



Student-Constructed Low-Cost Experimental Kits for Enhancing Inquiry-Based Learning in High School Fluid Dynamics

Buphawan Khamprawat¹, Udom Tipparach², Teerawat Piromjitpong²,
Karntarat Wuttisela³ and Sura Wuttirom^{2,*}

¹Science Education Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

²Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

³Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

*Email: sura.w@ubu.ac.th

Received <18 November 2024>; Revised <3 December 2024>; Accepted <4 December 2024>

Abstract

This research aimed to evaluate the quality of a fluid dynamics experimental kit developed by students, focusing on two primary aspects (1) validation and reliability of the experimental kit and (2) quality assessment by experts, teachers, and high school students. Data collection was conducted through ten repeated trials across five experimental setups, along with qualitative analysis from assessment forms. The findings indicate high validity and reliability of the kit, with results consistently aligning with theoretical principles. Additionally, experts, teachers, and students rated the kit's quality as "very good" across four dimensions, physical characteristics, usability, maintenance and repair, and suitability for instructional purposes.

Keywords: Student-Constructed Low-Cost Experimental Kits; Fluid dynamics; Inquiry-Based Learning

ชุดทดลองราคาถูกที่นักเรียนสร้างด้วยตนเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลศาสตร์ของไหล สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา

บุผาวลย์ คำประวัตติ¹ อุดม ทิพรราช² อธิวัฒน์ ภิรมจิตร์ผ่อง²

กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา³ และ สุระ วุฒิพรหม^{2*}

¹สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

³ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Email: sura.w@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่พัฒนาโดยนักเรียน โดยศึกษาใน 2 ประเด็นหลัก คือ (1) การตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่นของชุดการทดลอง และ (2) การประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้สอน และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการผ่านการทดลองซ้ำ 10 ครั้งในชุดการทดลอง 5 ชุด ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบประเมิน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองมีความตรงและความเชื่อมั่นในระดับสูง โดยผลการทดลองมีความสอดคล้องกับหลักการทางทฤษฎี นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้สอน และนักเรียน ประเมินคุณภาพชุดการทดลองในระดับดีมากทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ การใช้งาน การบำรุงรักษาและซ่อมแซม และความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน

คำสำคัญ: ชุดทดลองราคาถูกที่นักเรียนสร้างด้วยตนเอง; พลศาสตร์ของไหล; การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่ผู้เรียนมีปัญหาในการเรียนและมีทัศนคติเชิงลบในประเทศไทยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย (Lecture based-teaching หรือ Traditional teaching) จากงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาตลอดระยะเวลากว่า 50 ปี ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไม่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเชิงมโนคติ (conceptual understanding) ฟิสิกส์อย่างแท้จริงได้ เช่น เนื้อหาเรื่องพลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics) เป็นแนวคิดสำคัญในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมของของไหลในสภาวะการไหล ซึ่งประกอบด้วยอัตราการไหล ความดัน สมการความต่อเนื่อง และหลักการของเบอร์นูลลี ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องพ่นสี การออกแบบปีกเครื่องบิน (Prayoon-Anutep, Arayathanitkul and Klunboot, 2023) แนวคิดเหล่านี้มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมสูง ทำให้การเรียนการสอนพลศาสตร์ของไหลในระดับมัธยมศึกษามีความท้าทาย นักเรียนจำนวนมากพบว่าเป็นเรื่องยากที่จะเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเข้าใจจะต้องสามารถนำเสนอตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนจากนามธรรมเป็นรูปธรรมเพื่อให้สามารถมองเห็นและเข้าใจการทำงานได้อย่างชัดเจน (Jansoon, and Rakbamrung, 2018) และการประยุกต์ใช้สื่อในจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความจำเป็น เนื่องจากสื่อเป็นตัวกลางของการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้ง เพิ่มการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย เปลี่ยนความรู้จากนามธรรมเป็นรูปธรรม(Phimwan and Wuttiptom, 2022) การใช้แบบจำลอง หรือการใช้ชุดการทดลองถือว่าเป็นสื่อที่ดีที่จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนมากขึ้น

การใช้ชุดการทดลองการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากเน้นให้นักเรียนมีโอกาสนในการค้นคว้า สำรวจ และทดลองด้วยตนเอง ซึ่งช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา งานวิจัยของ Bakri *et al.* (2020) ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง (Learning by Doing) ส่งผลให้นักเรียนสามารถจดจำความรู้ได้ยั่งยืน อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่งานวิจัยของ Roth and Roychoudhury (1993) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองมีแนวโน้มที่จะสามารถสังเกตและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญต่อการเรียนรู้หัวข้อที่ซับซ้อน เช่น พลศาสตร์ของไหล

นอกจากนี้การใช้ชุดการทดลองราคาถูกที่นักเรียนสามารถสร้างได้เองยังมีศักยภาพในการเพิ่มการมีส่วนร่วมและความเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อน งานวิจัยของ Sharma (1982) และ Manat (2017) แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองอย่างง่ายที่นักเรียนสร้างได้เองสามารถช่วยเสริมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในโรงเรียนที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร การใช้เครื่องมือพื้นฐานในการสาธิตสมการความต่อเนื่องและหลักการของเบอร์นูลลีในกลศาสตร์ของไหลนั้น ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางทฤษฎีได้ดียิ่งขึ้น (Fox, McDonald and Pritchard, 2011) ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการพัฒนาชุดการทดลองที่สามารถเข้าถึงได้เพิ่มมากขึ้นแต่ในหัวข้อพลศาสตร์ของไหลยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากการสร้างชุดทดลองต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีความซับซ้อนทำให้การเรียนรู้พลศาสตร์ของไหลยังคงจำกัดอยู่เฉพาะในระดับการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่มีอยู่ส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด (cook-book method) โดยขาดการบูรณาการแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

จากข้อจำกัดดังกล่าวการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่มีราคาถูกซึ่งครูและนักเรียนสามารถสร้างได้ด้วยตนเอง โดยออกแบบให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ (สาระฟิสิกส์)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตรวจสอบความตรง (validity) และความเชื่อมั่น (reliability) ของชุดการทดลอง
2. เพื่อศึกษาการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้สอน และนักเรียน ของชุดการทดลอง

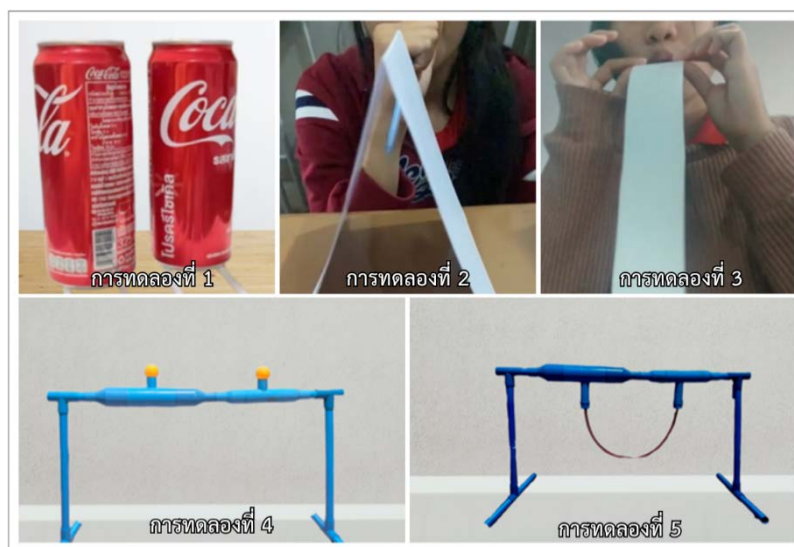
วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การศึกษานี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) เพื่อออกแบบและประเมินคุณภาพชุดการทดลองจำนวน 5 ชุด ในหัวข้อพลศาสตร์ของไหล ซึ่งครอบคลุม 2 แนวคิด ได้แก่ สมการความต่อเนื่องของของไหล (Continuity equation) และหลักการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Principle) โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนสามารถสร้างชุดการทดลองได้ด้วยตนเอง จากวัสดุที่หาได้ง่าย มีราคาถูก ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมโดยตรงกับปรากฏการณ์ในพลศาสตร์ของไหลได้

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเมืองวิทยาการ จังหวัดอุบลราชธานีที่ลงทะเบียนเรียน รายวิชา ว30205 ฟิสิกส์ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 31 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพศชาย 7 คน (ร้อยละ 22.58) เพศหญิง 24 คน (ร้อยละ 77.42) อายุระหว่าง 16-17 ปี มีพื้นฐานความรู้ทาง ฟิสิกส์ในระดับใกล้เคียงกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง มี 5 การทดลอง ดังรูปที่ 1
2. แบบบันทึกผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบผลการทดลองกับผลตามทฤษฎีที่ได้กำหนดไว้
3. แบบประเมินคุณภาพของชุดการทดลองของผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้สอน และนักเรียน



รูปที่ 1 ชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง

ขั้นตอนการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) การออกแบบและสร้างชุดการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษากิจกรรมและชุดการทดลองเรื่องพลศาสตร์ของไหลจาก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำการเลือกและดัดแปลงให้เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยเลือกชุดการ ทดลองที่สามารถอธิบายเกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและหลักการแบร์นูลลี เน้นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูกและนักเรียน สามารถสร้างขึ้นมาเองได้ ทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง
- 2) ตรวจสอบความตรง (validity) และความเชื่อมั่น (reliability) จากการทดลองซ้ำ 10 ครั้งในแต่ละการทดลอง ความตรง วัดจากผลการทดลองว่าสอดคล้องกับทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ความเชื่อมั่น วัดจากผลการ ทดลองที่ได้แต่ละครั้งว่าให้ผลสอดคล้องกันในทุกครั้งที่ทำซ้ำ รวมทั้งสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำตาม ทฤษฎี (Wuttiptom et al., 2009)
- 3) ทำการประเมินคุณภาพของชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่นักเรียนได้ออกแบบและสร้างขึ้นคือการประเมิน คุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ และนักเรียนผู้ใช้ชุดการทดลอง โดยเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ใน 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ การใช้งาน การบำรุงรักษา และความเหมาะสมในการใช้เพื่อการเรียนการสอน โดยใช้มาตราส่วน 5 ระดับ คะแนนเต็ม 4 ในแต่ละองค์ประกอบ
- 4) นำชุดการทดลองไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องพลศาสตร์ของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 31 คน ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E Inquiry based-learning) เริ่มจาก การสร้างความสนใจ (Engage) แนะนำหลักการพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหล และให้นักเรียน ดูสื่อการสอนเกี่ยวกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน และตั้งประเด็นคำถามที่สอดคล้องกับหัวข้อพลศาสตร์ของไหล การสำรวจ (Explore) ให้นักเรียนทดลองโดยใช้ชุดการทดลองราคาถูกที่นักเรียนสามารถสร้างเองได้ การอธิบาย (Explain) นักเรียนวิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายในกลุ่ม เพื่อเชื่อมโยงการสังเกตกับความรู้เชิงทฤษฎี การ ขยายความรู้ (Elaborate) นักเรียนทำการทดลองขั้นสูงและอภิปรายเพิ่มเติมเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจโดยเน้นที่ เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน การประเมินผล (Evaluate) นักเรียนประเมินตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่นของชุดการทดลอง อธิบายผลที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลอง และหาค่าความถี่ของผลการทดลอง
- 2) การประเมินคุณภาพของชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่นักเรียนได้ออกแบบและสร้างขึ้น คือการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ และนักเรียนผู้ใช้ชุดการทดลอง โดยหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละด้าน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ข้อตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) การตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่นของชุดการทดลอง เพื่อประเมินคุณภาพของชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลซึ่งออกแบบและสร้างโดยนักเรียน การศึกษานี้ได้พิจารณาทั้งความตรงของผลลัพธ์ที่ได้เทียบกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (validity) และความเชื่อมั่นของผลการทดลอง (reliability) โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้งในแต่ละการทดลอง ข้อมูลการสังเกตที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งถูกเก็บรวบรวมและนำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ 1 – 5 (ซ้ำจำนวน 10 ครั้ง)

การทดลอง		ผลการสังเกต
1	วางกระป๋องสองใบไว้ใกล้กันและเป่าลมตรงกลางระหว่างกระป๋อง	• เมื่อเป่าลมเบาๆ กระป๋องเคลื่อนที่เข้าหากันช้าๆ • เมื่อเป่าลมแรง กระป๋องชนกันอย่างรวดเร็ว
2	ตั้งกระดาษพับคล้ายหลังคาและเป่าลมเข้าไประหว่างกระดาษ	• เมื่อเป่าลมเบาๆ ต่อเนื่อง 10 วินาที กระดาษหุบเข้าหากัน • เมื่อเป่าลมแรงต่อเนื่อง 10 วินาที กระดาษหุบและยกตัวขึ้น
3	จับแถบกระดาษยาวไว้ใต้ริมฝีปาก	• เมื่อเป่าลมเบาๆ ต่อเนื่อง 10 วินาที แถบกระดาษค่อยๆ ยกขึ้น • เมื่อเป่าลมแรงต่อเนื่อง 10 วินาที แถบกระดาษยกขึ้นอย่างรวดเร็ว
4	สังเกตระดับความสูงของลูกปิงปองที่อยู่เหนือท่อขนาดต่างกัน (ท่อเวนจูรี)	• เมื่อเป่าลมเข้าท่อขนาดใหญ่ ลูกปิงปองที่อยู่เหนือท่อขนาดใหญ่ยกสูงขึ้น • เมื่อเป่าลมเข้าท่อขนาดใหญ่ ลูกปิงปองที่อยู่เหนือท่อขนาดใหญ่ยกสูงขึ้น • การเป่าลมเข้าท่อขนาดเล็ก ลูกปิงปองที่อยู่เหนือท่ออันใหญ่ยกสูงขึ้น
5	สังเกตระดับของของเหลวในสายยางที่ต่อเข้ากับท่อเวนจูรี	• เมื่อเป่าลมเข้าท่อขนาดใหญ่ ระดับของเหลวในสายยางที่อยู่ด้านท่อเล็กจะอยู่สูงกว่าด้านท่อใหญ่ • เมื่อเป่าลมเข้าท่อขนาดเล็ก ระดับของเหลวในสายยางที่อยู่ด้านท่อเล็กจะอยู่สูงกว่าด้านท่อใหญ่

ผลการทดลองที่ 1 - 3 สอดคล้องกับหลักการของเบอร์นูลลี ซึ่งระบุว่า “ในบริเวณที่อัตราเร็วของของไหลสูง ความดันจะลดลง”

ผลการทดลองที่ 4 คือ ลูกปิงปองตรงที่อยู่เหนือท่อขนาดใหญ่ถูกยกสูงกว่าท่อขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป่าเข้าที่ปลายท่อด้านท่อขนาดใหญ่หรือเล็กซึ่งสอดคล้องกับสมการความต่อเนื่อง และ หลักการของเบอร์นูลลี ที่กล่าวว่า “เมื่อพื้นที่หน้าตัดลดลง อัตราเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ความดันลดลงในบริเวณนั้น”

ผลการทดลองที่ 5 คือ ระดับของเหลวในสายยางด้านท่อเล็กจะอยู่สูงขึ้นสูงกว่าด้านท่อใหญ่ ไม่ว่าจะเป่าลมเข้าที่ปลายท่อที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมการความต่อเนื่อง และ หลักการของเบอร์นูลลี ที่กล่าวว่า “เมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่อลดลง อัตราเร็วของของไหลจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความดันในท่อบริเวณนั้นลดลง” ทำให้ระดับของเหลวภายในสายยางต่างกัน โดยด้านที่มีความดันอากาศมากจะกดของเหลวให้ลดลง ตรงข้ามกันด้านที่มีความดันอากาศน้อยกว่าของเหลวจะถูกดันให้สูงขึ้น

จากผลการสังเกตการทดลองที่ 1 – 5 แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักการของเบอร์นูลลี และสมการความต่อเนื่อง ซึ่งยืนยันถึงประสิทธิภาพของชุดการทดลองที่นักเรียนออกแบบและสร้างขึ้น โดยผลการทดลองแต่ละครั้งมีความสามารถในการคาดการณ์ผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ ดังนี้

- การทดลองที่ 1 การเคลื่อนที่ของกระป๋องเข้าหากันเมื่อเป่าลมตรงกลางเป็นไปตามหลักการของเบอร์นูลลี ซึ่งระบุว่าเมื่ออัตราเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น ความดันจะลดลงในบริเวณนั้น การทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่ความดันต่ำลงระหว่างกระป๋อง ส่งผลให้กระป๋องเคลื่อนเข้าหากัน

- **การทดลองที่ 2** การยุบและยกตัวของกระดาศเมื่อมีการเป่าลมระหว่างกระดาศแสดงผลที่สอดคล้องกับหลักการของเบอร์นูลลี ซึ่งแสดงให้เห็นถึง การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมของของไหลภายใต้การเป่าลมที่มีอัตราเร็วต่างกัน
- **การทดลองที่ 3** การยกตัวของแถบกระดาศเมื่อเป่าลม แสดงผลที่คล้ายกับการยกตัวของปีกเครื่องบิน โดยเมื่ออัตราการไหลของอากาศเหนือแถบกระดาศสูงขึ้น ความดันลดลง ส่งผลให้เกิดการยกตัวของแถบกระดาศ ซึ่งเป็นการสนับสนุนหลักการของเบอร์นูลลีเช่นกัน
- **การทดลองที่ 4** การยกตัวของลูกปิงปอง ที่อยู่บนท่อขนาดต่างกัน สอดคล้องกับทั้งสมการความต่อเนื่อง และหลักการของเบอร์นูลลี โดยท่อที่มีขนาดใหญ่ อัตราเร็วของลมจะลดลง ทำให้ความดันสูงขึ้น ส่งผลต่อการยกตัวของลูกปิงปองสูงขึ้น ซึ่งเป็นการสาธิตหลักการพลศาสตร์ของไหลได้อย่างชัดเจน
- **การทดลองที่ 5** ระดับของของเหลวในสายยางแสดงความแตกต่างของความดัน เมื่อเป่าลมผ่านท่อขนาดต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมการความต่อเนื่องและหลักการของเบอร์นูลลี โดยท่อที่มีขนาดใหญ่ อัตราเร็วของลมลดลง ทำให้มีความดันสูง จึงกดของเหลวในสายยางได้มาก

ผลการทดลองทั้งหมดมีความสอดคล้องกันเมื่อทำซ้ำ 10 ครั้ง ซึ่งเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของชุดการทดลอง ผลลัพธ์เหล่านี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้ชุดอุปกรณ์การทดลองราคาประหยัดในการสอนแนวคิดทางฟิสิกส์ เช่น งานวิจัยของ Fox, McDonald and Pritchard (2011) ในหนังสือ *Introduction to Fluid Mechanics* ซึ่งยืนยันถึงการใช้อุปกรณ์ที่เรียบง่ายเพื่อสาธิตหลักการพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหล ที่ออกแบบโดยนักเรียน มีความตรงและความเชื่อมั่น สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องพลศาสตร์ของไหล การศึกษานี้สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาปัจจุบันที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรราคาประหยัดที่มีประสิทธิภาพเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และความเข้าใจ

2) การประเมินคุณภาพของชุดการทดลอง ที่นักเรียนได้ออกแบบและสร้างขึ้นคือการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ และนักเรียนผู้ใช้ชุดการทดลอง โดยเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ใน 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ การใช้งาน การบำรุงรักษา และความเหมาะสมในการใช้เพื่อการเรียนการสอน โดยใช้มาตราส่วน 5 ระดับ คะแนนเต็ม 4 ในแต่ละองค์ประกอบ

2.1) ลักษณะทางกายภาพ ผลการประเมินด้านลักษณะทางกายภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับ "ดีมาก" ทุกองค์ประกอบ ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงด้านความทนทาน ครูมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงด้านขนาดให้เล็กลงเพื่อความสะดวกต่อการจัดเก็บและการทำงานในพื้นที่จำกัด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านลักษณะทางกายภาพ

ผู้ประเมิน	ลักษณะทางกายภาพ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)				
	ทนทาน	ขนาดกะทัดรัด	เคลื่อนย้ายสะดวก	ติดตั้งง่าย	ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน
ผู้เชี่ยวชาญ	3.33 $\pm$ 0.58	3.00 $\pm$ 0.00	3.67 $\pm$ 0.58	4.00 $\pm$ 0.00	3.54 $\pm$ 0.43
ครูผู้สอน	3.67 $\pm$ 0.52	3.43 $\pm$ 0.52	3.50 $\pm$ 0.55	3.83 $\pm$ 0.41	3.58 $\pm$ 0.22
นักเรียน	3.71 $\pm$ 0.52	3.69 $\pm$ 0.54	3.58 $\pm$ 0.54	3.80 $\pm$ 0.40	3.67 $\pm$ 0.10

2.2) การใช้งาน ผลการประเมินด้านการใช้งานเฉลี่ยอยู่ในระดับ "ดีมาก" ทุกองค์ประกอบ สะท้อนถึงความง่ายในการใช้งานและการทดลองที่ให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านการใช้งาน

ผู้ประเมิน	การใช้งาน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)				ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน
	การเตรียมอุปกรณ์	สอดคล้องตามทฤษฎี	ความปลอดภัย	ความคล่องตัว	
ผู้เชี่ยวชาญ	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	3.67 $\pm$ 0.58	3.92 $\pm$ 0.17
ครูผู้สอน	3.80 $\pm$ 0.45	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	3.95 $\pm$ 0.10
นักเรียน	3.71 $\pm$ 1.00	3.59 $\pm$ 0.54	3.80 $\pm$ 0.40	3.58 $\pm$ 0.54	3.67 $\pm$ 0.11

2.3) การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ผลการประเมินด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม เฉลี่ยอยู่ในระดับ “ดีมาก” ทุกองค์ประกอบ แสดงให้เห็นว่า ชุดการทดลองที่สร้างขึ้นจะสามารถสร้างและจัดหาได้ง่ายราคาถูก ครูผู้สอนและนักเรียนสามารถสร้างขึ้นมาเองได้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินด้านการบำรุงและการซ่อมแซม

ผู้ประเมิน	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)					ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน
	ความสะดวกในการจัดสร้าง	ความง่ายในการบำรุงรักษา	ความสะดวกในการจัดเก็บ	การจัดหาและซ่อมแซมง่าย	ราคาถูก	
ผู้เชี่ยวชาญ	3.67 $\pm$ 0.58	4.00 $\pm$ 0.00	3.67 $\pm$ 0.58	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	3.87 $\pm$ 0.18
ครูผู้สอน	3.60 $\pm$ 0.89	4.00 $\pm$ 0.00	3.60 $\pm$ 0.55	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	3.84 $\pm$ 0.22
นักเรียน	3.71 $\pm$ 0.55	3.67 $\pm$ 0.52	3.58 $\pm$ 0.58	3.56 $\pm$ 0.59	3.70 $\pm$ 0.55	3.64 $\pm$ 0.07

2.4) ความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ผลประเมินด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน เป็นการประเมินถึงความสามารถในการสื่อสารความเข้าใจเชิงแนวคิด การส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง และการสนับสนุนการเรียนรู้ทั้งแบบรายบุคคลและแบบกลุ่ม คะแนนจากเฉลี่ยในทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับ "ดีมาก" แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและช่วยให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนของหลักการพลศาสตร์ของไหล ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ผู้ประเมิน	ความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)						คะแนนเฉลี่ย
	ความเข้าใจเนื้อหา	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ	ใช้ได้รายบุคคลหรือกลุ่ม	ใช้เวลาทดลองน้อย	เสริมทักษะวิทยาศาสตร์	คะแนนเฉลี่ย	
ผู้เชี่ยวชาญ	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00
ครูผู้สอน	3.80 $\pm$ 0.45	3.80 $\pm$ 0.45	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00	3.93 $\pm$ 0.10
นักเรียน	3.62 $\pm$ 0.58	3.73 $\pm$ 0.50	3.69 $\pm$ 0.56	3.56 $\pm$ 0.63	3.84 $\pm$ 0.37	3.70 $\pm$ 0.09	3.70 $\pm$ 0.09

จากผลการประเมินชุดการทดลองใน 4 ด้านข้างต้น โดย ผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้สอน และนักเรียน แสดงให้เห็นถึง **ความเชื่อมั่น** ที่สูง โดยมีคะแนนการประเมินที่สม่ำเสมอในแต่ละด้าน และ **ความตรงตามทฤษฎี** ที่ชัดเจน เนื่องจากผลการทดลองสอดคล้องกับหลักการพลศาสตร์ของไหลตามทฤษฎี ซึ่งช่วยยืนยันคุณภาพของชุดการทดลองในการสื่อสารแนวคิดที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

ผลการประเมินนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Sharma (1982) ที่เน้นถึงความสำคัญของอุปกรณ์การเรียนรู้ต้นทุนต่ำในการทดแทนเครื่องมือที่มีราคาแพงในห้องเรียน นอกจากนี้ งานวิจัยของ Chatmontree (2014) ยังยืนยันว่าชุดการทดลองต้นทุนต่ำสามารถช่วยเพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจริง อีกทั้งการศึกษาอื่นๆ พบว่าชุดทดลองราคาประหยัดที่ออกแบบอย่างสร้างสรรค์ช่วยเพิ่มการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งในหลากหลายสาขาวิชา โดยเฉพาะในสถานศึกษาที่มีงบประมาณจำกัด เช่น การใช้ชุดทดลองราคาประหยัดสำหรับการเรียนการสอนเกี่ยวกับแสง (Ningtyas, Yunianta and Wahyudi, 2014) ชุดการเรียนการมองเห็นด้วยวัสดุพื้นฐาน (Donnelly, Magnani and Robinson, 2016) และชุดอุปกรณ์สื่อสารแสงสำหรับการศึกษาเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Fuada and Adiono, 2018) สรุปได้ว่า ชุดการทดลองพลศาสตร์ของไหลที่ออกแบบโดยนักเรียนได้รับการประเมินในระดับ "ดีมาก" ในด้านคุณภาพ การใช้งาน และความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม ควรปรับปรุงในด้านความทนทานและความสะดวกในการจัดเก็บเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและยาวนาน สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาสมัยใหม่ที่เน้นการใช้อุปกรณ์ที่เข้าถึงง่าย มีประสิทธิภาพ และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

สรุปผลการวิจัย

ชุดการทดลองราคาถูก เรื่องพลศาสตร์ของไหล ทั้ง 5 ชุดการทดลอง มีความตรง (ให้ผลการทดลองตรงกับทฤษฎีของสมการความต่อเนื่อง และ หลักการของเบอร์นูลลี) และความเชื่อมั่น (ผลการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง มีความสม่ำเสมอและแม่นยำใน

ทุกครั้งที่ทำซ้ำ) การประเมินคุณภาพของชุดการประเมินคุณภาพของชุดการทดลองฟิสิกส์ของไหลที่นักเรียนได้ออกแบบและสร้างขึ้นจากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ และนักเรียนผู้ใช้ชุดการทดลอง พบว่า ผลการประเมินภาพรวมใน 4 ด้าน จากแบบประเมินชุดการทดลองพบว่าผลการประเมินโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก งานวิจัยนี้มีความโดดเด่นที่การพัฒนาชุดการทดลองที่ ราคาถูก ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างได้เอง โดยชุดการทดลองดังกล่าวได้รับการประเมินและยืนยันว่าเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพ ทั้งในด้านความตรงตามทฤษฎีและความเชื่อมั่นของผลการทดลอง ผู้วิจัยหวังว่าเมื่อนำชุดการทดลองนี้ไปจัดการเรียนรู้อาจสามารถช่วยให้ นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อนอย่างเรื่องฟิสิกส์ของไหลได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ชุดการทดลองควรมีขนาดที่กะทัดรัด เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และมีความแข็งแรงคงทน เคลื่อนย้ายสะดวกและควรมีที่เก็บรักษาเป็นกล่องในการชุดการทดลอง

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขใบรับรอง UBU - REC -116/2567

References

- Bakri, F., Permana, H., Wulandari, S. and Mulyati, D. (2020). Student worksheet with ar videos: Physics learning media in laboratory for senior high school students. **Journal of Technology and Science Education**, 10(2), 231-240.
- Chatmontree, M. (2014). Development of low cost experiments about fluid mechanics to enhance learning achievement (in Thai). **Master's Thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.
- Donnelly, J., Magnani, N. and Robinson, K. (2016). Dumpster Optics: teaching and learning optics without a kit. **Optics Education and Outreach IV**, 9946(1), 157-163.
- Fox, R. W., McDonald, A. T. and Pritchard, P. J. (2011). **Introduction to fluid mechanics (7th ed.)**. USA: Wiley.
- Fuada, S. and Adiono, T. (2018). Visible light communication kits for education. **Journal of Education and Training**, 5(2), 39-49.
- Jansoon, N. and Rakbamrung, N. (2018). TPACK in chemistry classroom using PhET interactive simulations (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 1(1), 109 - 121.
- Manat, V. (2017). The role of hands-on experiments in teaching complex scientific concepts. **International Journal of Science Education**, 39(5), 1–13.
- Ningtyas, R., Yunianta, T. and Wahyudi, W. (2014). Pengembangan handout pembelajaran tematik untuk siswa sekolah dasar kelas III. Scholaria. **Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan**, 4(3), 42–53.
- Phimwan, I. and Wuttirom, S. (2022). A simple model from rubber to investigate Snell's law (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 5(1), 97-106. <http://doi.org/10.14456/jsse.2022.9>
- Prayoon-Anutep, P., Arayathanikul, K. and Klunboot, S. (2023). Understanding of scientific concepts about static fluids and dynamics fluid of students in grade 12 (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 46(4), 46-64.
- Roth, W. M. and Roychoudhury, A. (1993). The development of scientific reasoning in high school chemistry students. **Journal of Research in Science Teaching**, 30(3), 243–268.
- Sharma, V. (1982). Practical experiments in science education. **Educational Research and Studies**, 11(3), 51–65.
- Wuttirom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R. and Soankwan, C. (2009). Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics. **International Journal of Science Education**, 31(5), 631-654.