



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

### Understanding of Scientific Concepts About Static Fluids and Dynamics Fluid of Students in Grade 12

พิชชาพร ประยูรอนุเทพ<sup>1</sup>, ขวัญ อารยะธนิตกุล<sup>2</sup> และแสงกฤต กลั่นบุศย์<sup>1</sup>

Phitchaphorn Prayoon-Anutep<sup>1</sup>, Kwan Arayathanitkul<sup>2</sup> & Saengkrit Klunboot<sup>1</sup>

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล<sup>2</sup>

Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand <sup>1</sup> Faculty of Science, Mahidol University, Thailand <sup>2</sup>

Received: September 30, 2022-09-30 Revised: July 26, 2023 Accepted: December 28, 2023

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อสำรวจความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 70 คน ของโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2564 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและมีแบบทดสอบที่สามารถใช้วัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 7 ข้อ ครอบคลุม 3 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผลการสำรวจพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 60 โดยมีประเด็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนแบ่งออกเป็น 5 ประเด็น (พื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความดันในของไหลสถิต ความสูงที่เกี่ยวข้องกับความดันในของไหลสถิต ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ถึงใหญ่จะมีความดันมาก ความดันแปรผันตรงกับความเร็ว และการคำนวณหาความดันในกรณีใด ๆ สามารถหาได้จากสมการปาสคาล )

**คำสำคัญ:** ของไหลสถิต ความเข้าใจแนวคิด พลศาสตร์ของไหล

\*Corresponding author. Tel.: 062 556 3261

Email address: phitchaphorn.parn@mail.kmutt.ac.th

## Abstract

This research aims to 1) design and construct a test to measure the understanding of the scientific concepts of Static Fluid and Dynamics Fluid of students in grade 12 and 2) explore the understanding of the scientific concept of Static Fluid and Dynamics Fluid of students in grade 12. The researcher chose to use a sample group of 70 students in grade 12 from school in Bangkok. The sample group was the students studying in the Science-Mathematics program in the second semester of the academic year 2021. The students will be selected individually. Research instrument is a test to measure the understanding of the scientific concepts of Static Fluid and Dynamics Fluid that was qualified. There are 7 questions, divided into 3 objectives. The survey found that 60 percent of students had discrepancies in their opinions. The results of the survey revealed that the students had misconceptions on 5 issues (The cross-sectional area of the vessel and the pressure in the static fluid, the height associated with the pressure in the static fluid, the position which is nearby the large tank having a lot of pressure, the pressure is directly proportional to the speed and calculation of pressure in any cases and the value of pressure can be obtained from the Pascal equation)

**Keywords:** Static Fluid, Misconceptions, Dynamics Fluid

## ■ บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกมิติ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การคมนาคมและนันทนาการต่างๆ (ภัทรพงศ์ อินทรกำเนิด, 2551) ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนากำลังคนของชาติ ฟิสิกส์ก็เป็นหนึ่งในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษากายภาพของสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติโดยใช้เหตุและผลประกอบ เช่น ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานต่าง ๆ เป็นต้น (กิตติศักดิ์ ศรีวงศ์ษา, 2561: 135-152) และนำความรู้นั้นไปใช้พัฒนาเทคโนโลยีให้ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น และในการศึกษาวิชาฟิสิกส์นั้นต้องอาศัยพื้นฐานในการคำนวณ (ธันยรัตน์ พลเยี่ยม, 2560 : 84-95) เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรม จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ให้ความสำคัญกับสมการที่ใช้ในการคำนวณมากกว่าการทำความเข้าใจแนวคิด หลักการ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมการ จึงนำไปสู่ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (สงวนศรี ภักดียานุวรรตน์, 2538) ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ และส่งผลต่อการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา ทฤษฎี สมการที่ใช้ในการคำนวณ ตลอดจนประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายในการฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยหลักสูตรได้บรรจุเนื้อหาว่าด้วยเรื่อง ความดันของไหล ของไหลในอุดมคติ กฎของปาสคาล อัตราการไหล สมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลี สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในแผนการเรียนรู้ที่เน้นวิทยาศาสตร์ เนื้อหาดังกล่าวได้อธิบายพฤติกรรมของไหลทั้งในของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับเรื่องแรงดันของน้ำในเขื่อน เครื่องวัดความดันในของไหล เช่น มาโนมิเตอร์ (Manometer) บารอมิเตอร์ (Barometer) การสร้างเครื่องผ่อนแรงที่เรียกว่า เครื่องอัดไฮดรอลิก เครื่องพ่นสี การออกแบบปีกเครื่องบิน รวมไปถึงระบบชลประทาน

การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายตามหลักสูตรแกนกลางสถานศึกษาขั้นพื้นฐานนั้น นอกจากกระบวนการจัดการเรียนสอนของครูแล้ว สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญและทำอย่างเสมอควรคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอน

คือการวัดและประเมินผล ซึ่งตั้งอยู่บนแนวคิดหลักการพื้นฐาน 2 ประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนา นักเรียนและเพื่อตัดสินผลการเรียน (Education, 2008; กระทรวงศึกษาธิการ, 2539) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ครูผู้สอนต้องเอาใจใส่ หมั่นตรวจสอบข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในการจัดการเรียนการสอน ทั้งในส่วนที่เกิดจากนักเรียนและครูผู้สอนเอง จากการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่องของไหลพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องของไหลที่หลากหลาย เช่น นักเรียนเข้าใจว่าความดันในของไหลสามารถหาได้จากสมการปาสคาลเท่านั้น รวมถึงการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในเรื่องของไหลสามารถตอบได้จากประสบการณ์โดยไม่คำนึงถึงขอบเขต ข้อจำกัด และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียนในการตอบคำถาม การให้ความสำคัญกับการจดจำสมการคณิตศาสตร์และนำไปแก้โจทย์ปัญหา เน้นการคำนวณโดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แนวคิด รวมถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับของไหล นักเรียนแต่ละคนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในบริบทที่แตกต่างกันและการที่จะทราบประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนนั้นครูผู้สอนจะต้องมีการวัด และ ประเมินผล เป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ และได้มาตรฐาน เพื่อจะได้มาซึ่งข้อมูลที่บ่งบอกสภาพเด่นหรือด้อยทางการเรียนของนักเรียนในแต่ละเรื่องได้มากกว่าการสอบปกติ แบบทดสอบที่สามารถให้ข้อมูลสารสนเทศเช่นนั้นได้เรียกว่า แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnostic Tests) (Pattiyatani, 2010) ซึ่งสร้างได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การสัมภาษณ์ แบบทดสอบชนิดเขียนตอบ แบบทดสอบหลายตัวเลือกทั่วไป แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับขั้น ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน (Kilic & Saglam, 2009; วันเพ็ญ คำเทศ, 2560)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความดันในของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตำแหน่งและความเร็วในของไหลในกรณีต่างๆ ว่าความดันและแรงดันเป็นสิ่งเดียวกัน (ดรรารัตน์ วังโน , 2560 : 623-631) ความดันของเหลวกระทำเฉพาะทิศทางที่ลงด้านล่างเพียงทิศทางเดียว (Ceken R. ,2014) นักเรียนยังเข้าใจว่าสันเขื่อนต้องเป็นลักษณะเป็นทรงกระบอกจะสามารถรับแรงดันน้ำได้ดี (ดรรารัตน์ วังโน, 2560: 623-631) และยังพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลศาสตร์ของไหลของนักเรียนสูงขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการใช้ชุดกิจกรรม (ประภัสสร บุญเถิง, 2555) แต่เนื่องจากเนื้อหาที่นักเรียนเรียนเป็นของไหลอุดมคติ ซึ่งเป็นของไหลที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ (steady flow) มีการไหลโดยไม่หมุน (irrotational flow) มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด (non-viscous flow) และของไหลไม่สามารถอัดได้ (incompressible flow) จึงทำให้การสร้างอุปกรณ์การสอนให้เป็นของไหลในอุดมคติค่อนข้างที่จะสร้างยาก และการสังเกตของไหลในชีวิตประจำวันอาจส่งผลต่อแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับของไหลอุดมคติเช่นกัน (นัฐรา มิ่งสุข, 2565) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษามโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องของไหลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และจากการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวข้องกับของไหล ทางผู้วิจัยจึงแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่ ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล

จากความเป็นมาและรายงานการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยสนใจศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จากการสำรวจความเข้าใจของนักเรียน งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างแบบทดสอบการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 7 ข้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมเนื้อหาและนำแบบทดสอบไปสำรวจมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนมาแล้ว เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับครูผู้สอนในการวิเคราะห์ประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและวางแผนแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน และส่งเสริมความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิด หลักการ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องต่อไป

## ■ จุดประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- 2) เพื่อสำรวจความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

## ■ นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อันเกิดมาจากการได้รับประสบการณ์หรือการสังเกตเกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นแล้วนำมาประมวลสัมพันธ์อย่างมีเหตุผลเข้าด้วยกัน อาศัยข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง
2. มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นด้วยตัวนักเรียนเองจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ต่าง ๆ แต่ความคิดความเข้าใจนั้นแปลความหมายแตกต่างจากแนวคิดที่ยอมรับหรือขัดแย้งจากหลักการซึ่งต้องได้รับการแก้ไขที่ถูกต้อง
3. แบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมเนื้อเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบพร้อมเหตุผลจำนวน 7 ข้อ

## ■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมเพื่อสร้างสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ดังนี้

**ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล** เป็นสาขาย่อยของกลศาสตร์ของไหลที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของไหล โดยพลศาสตร์ของไหลยังแบ่งแยกย่อยออกเป็นหลายสาขา เช่น อากาศพลศาสตร์ ที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ และพลศาสตร์ของเหลวที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของเหลว หลักการของพลศาสตร์ของไหลสามารถนำไปประยุกต์กับการใช้คำนวณแรงและโมเมนต์บนอากาศยาน คาคณะเนรูแบบของสภาพอากาศ การหาอัตราการไหลของมวลของปิโตรเลียมผ่านท่อ อธิบายเนบิวลาและสสารระหว่างดวงดาว ตลอดจนงานคอมพิวเตอร์กราฟฟิก หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาสมบัติพื้นฐานของไหลในอุดมคติ เช่น ความหนาแน่น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความดัน กฎของปาสคาล หลักการของอาร์คิมิดีส สมการความต่อเนื่อง และ สมการแบร์นูลลี และในการจัดการเรียนการสอนเรื่องของไหล การสร้างอุปกรณ์สื่อการสอนให้เป็นของไหลในอุดมคติค่อนข้างที่จะสร้างยาก และการสังเกตของไหลในชีวิตประจำวันอาจส่งผลต่อความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับของไหลอุดมคติของนักเรียนได้

**ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน** เป็นความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ หรือความคิดรวบยอดที่แตกต่างไปจากความจริง และเป็นความคิดที่ต่างไปอาจเกิดได้จากการรับประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจนของแต่ละบุคคลหรือไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (National Research Council, 1997) แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ อุปาทาน ความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากภาษา และ มโนทัศน์ที่

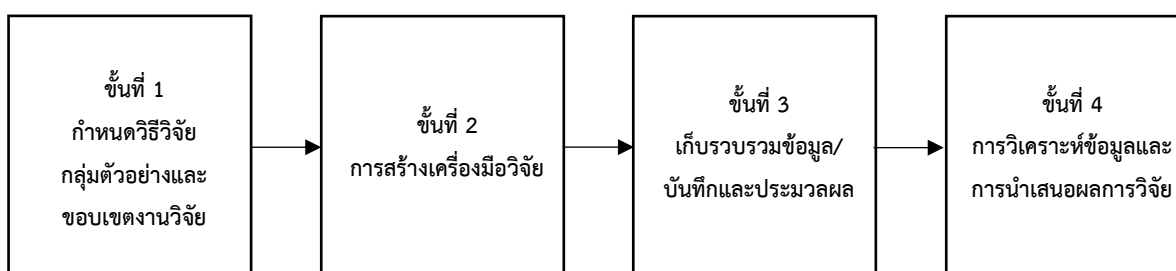
คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมโนคติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการจำแนกมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือโดยใช้แบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล

**แบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล** เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Ordinary multiple-choice test) พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล ซึ่งถูกดัดแปลงมาจากแบบทดสอบหลายตัวเลือกสองลำดับชั้นชนิดเขียนตอบ ประกอบด้วย ชั้นที่ 1 เป็นการตอบตามเนื้อหา (ชั้น Answer หรือชั้น A) และชั้นที่ 2 เป็นการอธิบายด้วยหลักการและเหตุผล (ชั้น Reason หรือชั้น R) ที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจคำตอบของนักเรียนไว้ก่อนหน้าเนื่องจากผู้วิจัยอยากให้นักเรียนเขียนคำตอบด้วยภาษาของตัวเอง ได้คำตอบใหม่ ๆ ที่ผู้วิจัยคาดไม่ถึงมาก่อน แต่เนื่องจากแบบทดสอบชนิดเขียนใช้เวลาในการวิเคราะห์คำตอบมากและทำคะแนนได้ยาก รวมไปถึงจำนวนข้อคำถามที่เยอะทำให้นักเรียนไม่ค่อยเขียนอธิบายในข้อท้าย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบทดสอบนี้โดยการจับคู่ตัวเลือกที่เป็นคำตอบตามเนื้อหาและเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายโดยอ้างอิงจากคำตอบของนักเรียนก่อนหน้านี้ เพื่อที่จะได้เครื่องมือที่เป็นรูปธรรม ง่ายต่อการใช้งาน ใช้ได้กับนักเรียนจำนวนมาก ตรวจสอบคะแนนได้ง่ายและยังเข้าใจถึงเหตุผลในการเลือกตอบคำตอบนั้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 7 ข้อ ผ่านการวิเคราะห์ข้อสอบแบบปรนัย (Item analysis) โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบข้อนักเรียน แบบทดสอบนี้มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 ตรวจสอบค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.5-0.8 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งแบบทดสอบนี้สามารถบ่งชี้มโนคติของนักเรียนที่เป็นข้อมูลเชิงลึกและใช้วัดมโนคติได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุม (Chang, Yeh & Barufaldi, 2010) ซึ่งแบบทดสอบนี้สามารถวัดความเข้าใจของนักเรียนได้ในเวลาอันสั้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการประเมินเพื่อการเรียนรู้

**การประเมินเพื่อการเรียนรู้** เป็นการหาแนวทางในการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยการประเมินเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อนำมาปรับปรุง พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนโดยมุ่งหวังให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายหรือมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด (ธีรพงศ์ จุลสายพันธ์, 2555)

## ■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ใบรับรองเลขที่ KMUTT-IRB-2022/0520/204 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ธนบุรี มีวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Norman K. Denzin (1978) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1. วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดของ Norman K. Denzin (1978) ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการทำงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่

**ขั้นที่ 1 กำหนดวิธีวิจัย กลุ่มตัวอย่างและขอบเขตงานวิจัย** ศึกษาหลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์มาตรฐาน สาระการเรียนรู้ กำหนดเป้าหมายของการประเมิน กำหนดวัตถุประสงค์ ระบุขอบเขตงานวิจัย และระบุถึงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

**ขั้นที่ 2 จัดทำเครื่องมืองานวิจัย** ออกแบบแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล โดยเนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน และตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ

**ขั้นที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูล/บันทึกและประมวลผล** ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลด้วยตนเองโดยการนำแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำ และทำการตรวจสอบความถูกต้อง

**ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิจัย** นำผลการสำรวจมาวิเคราะห์ นำข้อมูลที่ได้นำมาจำแนกความเข้าใจตามประเด็นที่คลาดเคลื่อนและนำเสนอผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนกลุ่มสำรวจ ผู้วิจัยจะนำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้และสร้างสื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโน้มน้ามนักเรียน จากนั้นทำการทดสอบนักเรียนอีกครั้งเพื่อวิเคราะห์โน้มน้ามนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากลักษณะคำตอบของนักเรียนมาเปรียบเทียบตามประเด็นที่คลาดเคลื่อนและวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของนักเรียนต่อไป

### กลุ่มตัวอย่างและขอบเขตงานวิจัย

#### 1. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านการจัดการเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 70 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยพิจารณาจากนักเรียนจากห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยทำหน้าที่ในการจัดการเรียนการสอน ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตั้งแต่ 3.00 ขึ้นไป โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงระเบียบ กฎ กติกา และเวลาในการทำแบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติแก่นักเรียนกลุ่มสำรวจ โดยนักเรียนกลุ่มสำรวจเป็นนักเรียนที่ให้ความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ

#### 2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย คือ ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 จุดประสงค์ ได้แก่ ความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ ( $h$ ) ที่สัมพันธ์กับความดันในของไหลสถิต ความสัมพันธ์ของขนาดพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล และความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับสมการแบร์นูลลี

### เครื่องมืองานวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ จากผลสัมฤทธิ์ปีการศึกษาที่ผ่านมาแล้วพิจารณาประเด็นที่นักเรียนมีโน้มน้ามนักเรียนมากที่สุดเพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อหาในการทำวิจัย จากนั้นทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการศึกษา โดยแบ่งขอบเขตด้านเนื้อหาเป็น 3 จุดประสงค์และได้สร้างแบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 7 ข้อ โดยแต่ละข้อจะมีเหตุผลประกอบการเลือกคำตอบ โดยแบบสำรวจวัดมโนคติของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลถูกดัดแปลงแบบสำรวจมาจากงานวิจัยของ C.P.Wijaya (2018 : 14-21) และงานวิจัยของ Alvaro Suarez (2017 : 13-

25) โดยแบบสำรวจที่ได้มีเนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 ได้ตรวจสอบหาความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.5-0.8 และหาค่าเชื่อมั่นของแบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลด้วยวิธี Test-Retest Method มีค่าเท่ากับ 0.68 จัดอยู่ในเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นปานกลางซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์วัดความเข้าใจตามจุดประสงค์การเรียนรู้

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | ข้อคำถาม | ค่า IOC     | ค่าความยากง่าย (p) | ค่าอำนาจจำแนก (r)    |
|-----------------------|----------|-------------|--------------------|----------------------|
| 1                     | 1        | 1.00 / ผ่าน | 0.60 / ยากพอเหมาะ  | 0.60 / จำแนกได้ดีมาก |
|                       | 2        | 1.00 / ผ่าน | 0.58 / ยากพอเหมาะ  | 0.51 / จำแนกได้ดี    |
| 2                     | 4        | 1.00 / ผ่าน | 0.30 / ค่อนข้างยาก | 0.50 / จำแนกได้ดี    |
|                       | 6        | 1.00 / ผ่าน | 0.46 / ยากพอเหมาะ  | 0.72 / จำแนกได้ดี    |
| 3                     | 3        | 1.00 / ผ่าน | 0.32 / ค่อนข้างยาก | 0.51 / จำแนกได้ดี    |
|                       | 5        | 1.00 / ผ่าน | 0.50 / ยากพอเหมาะ  | 0.80 / จำแนกได้ดีมาก |
|                       | 7        | 1.00 / ผ่าน | 0.60 / ยากพอเหมาะ  | 0.56 / จำแนกได้ดี    |

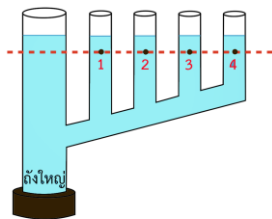
หลังจากนั้นนำแบบสำรวจมโนคติไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อสอบ ที่สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) แบบสำรวจวัดมโนคติเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลจำนวน 7 ข้อ ครอบคลุม 3 จุดประสงค์ดังตารางที่ 2 และข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว แสดงดังภาพที่ 2-4

ตารางที่ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษามโนคติเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล

| แบบทดสอบข้อที่ | จุดประสงค์ที่ต้องการวัดมโนคติ                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1, 2           | 1. ความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ (h) ที่สัมพันธ์กับความดันในของไหลสถิต |
| 4, 6           | 2. ความสัมพันธ์ของขนาดพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล            |
| 3, 5, 7        | 3. ความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับสมการแบร์นูลลี              |

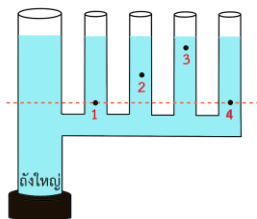
จุดประสงค์ที่ 1 : นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ ( $h$ ) ที่สัมพันธ์กับความดันของไหลสถิต

**ข้อที่ 1** ภาพเป็นรูปหลอดแนวดิ่ง ปลายด้านบนเปิดสู่อากาศและเชื่อมต่อกันดังรูป เมื่อใส่ของเหลวชนิดหนึ่งลงไปทำให้ผิวของเหลวแต่ละหลอดสูงเท่ากัน กำหนดให้จุดที่ 1, 2, 3 และ 4 อยู่ในแนวระดับเดียวกัน จงเปรียบเทียบความดันของเหลวที่จุดทั้ง 4 นี้



- ก.  $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถังใหญ่มากกว่าจึงได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่
- ข.  $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่ในหลอดที่มีปริมาตรมากที่สุด
- ค.  $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$  เพราะ จุดที่ 4 อยู่ห่างจากถังใหญ่มากกว่าจึงได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่
- ง.  $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่สูงจากท่อที่เชื่อมต่อกะหว่างหลอดมากที่สุด
- จ.  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$  เพราะ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดแต่ละหลอดเท่ากัน
- ฉ.  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$  เพราะ ของเหลวไม่ไหล และแต่ละจุดอยู่ระดับเดียวกัน

**ข้อที่ 2** ภาพเป็นรูปหลอดแนวดิ่ง ปลายด้านบนเปิดสู่อากาศและเชื่อมต่อกันดังรูป จุดที่ 1, 2, 3 และ 4 อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ดังรูป โดยจุดที่ 1 และ 4 อยู่ในแนวระดับเดียวกัน เมื่อใส่ของเหลวชนิดหนึ่งลงไปทำให้ผิวของเหลวแต่ละหลอดสูงเท่ากัน จงเปรียบเทียบความดันของเหลวที่จุดทั้ง 4 นี้



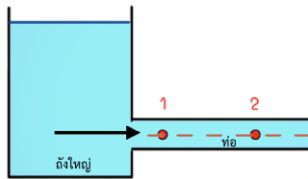
- ก.  $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถังใหญ่มากกว่าจึงได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่
- ข.  $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถังใหญ่มากกว่าหลอดอื่นๆ และยังมีแรงกดมาจากปริมาตรน้ำด้านบนด้วย
- ค.  $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$  เพราะ จุดที่ 4 อยู่ปลายสุดของภาพจะจึงได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่ รวมถึงจากหลอดอื่นๆ ด้วย
- ง.  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$  เพราะ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดแต่ละหลอดเท่ากัน
- จ.  $P_3 < P_2 < P_4 = P_1$  เพราะ ของเหลวไม่ไหล ดังนั้นความดันที่ตำแหน่งต่างๆ จึงแปรผันตรงกับความลึกจากผิวน้ำ
- ฉ.  $P_3 > P_2 > P_4 = P_1$  เพราะ เนื่องจากเป็นของไหลสถิต ดังนั้นความดันที่ตำแหน่งต่างๆ จึงแปรผันตรงกับกับความลึกจากด้านล่างของท่อ

ภาพที่ 2. แบบสำรวจในจุดประสงค์ที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ ( $h$ ) ที่สัมพันธ์กับความดันของไหลสถิต

จากภาพที่ 2 เป็นแบบสำรวจในจุดประสงค์ที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ ( $h$ ) ที่สัมพันธ์กับความดันของไหลสถิต เป็นการอธิบายค่าความดันของไหลในกรณีของไหลสถิต ว่าความดันสัมบูรณ์ คือผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ ซึ่งความดันเกจในที่นี้เป็นความดันเกจเนื่องจากความลึกของเหลวที่ขึ้นกับชนิดของเหลวและความลึกเท่านั้น ไม่ขึ้นกับปริมาตรหรือรูปร่างของภาชนะ ซึ่งหาได้จากสมการ  $P = \rho gh$  ซึ่งผู้วิจัยต้องการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในการระบุตำแหน่งอ้างอิงในการระบุค่า  $h$  ในการหาความดันเกจ โดยใช้แบบสำรวจจำนวน 2 ข้อ โดยข้อที่ 1 เป็นภาพหลอดแนวดิ่ง ปลายด้านบนเปิดสู่อากาศและด้านล่างเชื่อมต่อกันลักษณะเอียง และจุดที่ต้องการให้นักเรียนระบุความดันเป็นจุดที่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน อยู่ต่ำจากผิวน้ำลงมาเท่ากัน หากนักเรียนเข้าใจการระบุค่า  $h$  ที่ถูกต้องจะตอบได้ทันที แต่ถ้าหากนักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับตำแหน่งในการระบุค่า  $h$  หรือสนใจขนาดหรือรูปร่างของภาชนะนักเรียนจะไม่สามารถตอบได้ถูกต้อง เช่นเดียวกับข้อที่ 2 เป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอีกครั้งเกี่ยวกับการระบุค่าของ  $h$  โดยกำหนดให้ภาชนะเป็นรูปหลอดแนวดิ่ง ปลายด้านบนเปิดสู่อากาศ ด้านล่างเชื่อมต่อกันและท่อเชื่อมอยู่ในแนวระนาบ จุดที่ต้องการให้นักเรียนระบุความดันเป็นจุดที่อยู่ตำแหน่งต่างๆ ดังภาพที่ 2 โดยข้อที่ 2 เป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอีกครั้งในการวัดระดับของ  $h$  ว่ารูปร่างของภาชนะไม่มีผลต่อความดันเกจ และขนาดของความดันเกจขึ้นกับความลึกจากผิวน้ำ ดังนั้นจุดที่อยู่ในระดับเดียวกันในภาชนะที่บรรจุของเหลวชนิดเดียวกันจะมีความดันเท่ากัน จุดที่อยู่ลึกกว่าจะมีความดันมาก และจุดที่อยู่ตื้นกว่าจะมีความดันน้อย

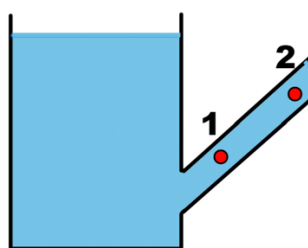
จุดประสงค์ที่ 2 : นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล

**ข้อที่ 4** จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ภายในท่อ น้ำกำลังไหลออกจากถังใหญ่ผ่านทางท่อ ท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่และอยู่ในแนวระดับ ดังรูป จงเปรียบเทียบขนาดของอัตราเร็วของน้ำแต่ละจุด



- ก. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ อยู่ระดับเดียวกัน ความดันเท่ากัน และความดันแปรผันตรงกับอัตราเร็ว
- ข. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ ท่อบริเวณจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน และปริมาตรน้ำไหลผ่านจุดที่ 1 เท่ากับปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านจุดที่ 2 ในเวลาเท่ากัน
- ค. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ น้ำไหลจากบริเวณจุดที่ 1 ไปยังบริเวณจุดที่ 2
- ง. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 มีความดันมากกว่าเนื่องจากอยู่ใกล้ถังใหญ่ ความดันแปรผันตรงกับอัตราเร็ว
- จ. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ ความดันจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 และความดันแปรผันกับอัตราเร็ว

**ข้อที่ 6** น้ำกำลังไหลออกจากถังใหญ่ผ่านทางท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่ดังรูปจุดที่ 1 และ 2 อยู่ภายในท่อ จงเปรียบเทียบอัตราเร็วของน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2



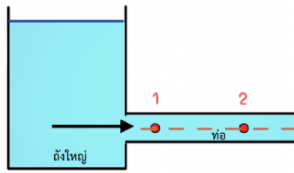
- ก. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ ท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่
- ข. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ เป็นของเหลวชนิดเดียวกันอยู่ในท่อเดียวกัน ความดันที่จุดที่ 1 และ จุดที่ 2 เท่ากัน
- ค. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถังใหญ่มากกว่า ทำให้มีความดันมากและความดันแปรผันตรงกับอัตราเร็ว
- ง. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 อยู่ต่ำกว่าระดับของผิวน้ำมากกว่าจุดที่ 2
- จ. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 สูงจากระดับผิวน้ำน้อยกว่าจุดที่ 2
- ฉ. อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 2 อยู่ใกล้ปลายท่อทำให้น้ำสามารถไหลออกได้เร็ว

ภาพที่ 3. แบบสำรวจในจุดประสงค์ที่ 2 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล

จากภาพที่ 3 เป็นแบบสำรวจในจุดประสงค์ที่ 2 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหลจากสมการความต่อเนื่องได้ โดยของไหลที่ไหลภายในท่อเดียวกันจะมีอัตราการไหลเท่ากัน และขนาดของอัตราการไหลขึ้นกับขนาดของพื้นที่หน้าตัดและความเร็วของไหล หากพื้นที่หน้าตัดมีขนาดเท่ากันอัตราเร็วของไหลจะมีขนาดเท่ากัน บริเวณที่พื้นที่หน้าตัดน้อยอัตราเร็วของไหลจะมาก และบริเวณที่มีพื้นที่หน้าตัดมากอัตราเร็วของไหลจะน้อย ซึ่งผู้วิจัยต้องการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในการระบุนความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของไหลกับพื้นที่หน้าตัดในกรณีของไหลไหลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แบบสำรวจจำนวน 2 ข้อ ข้อที่ 4 ผู้วิจัยออกแบบแบบสำรวจเป็นท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่ และน้ำไหลออกมาจากถังใหญ่ ในเวลาเดียวกันน้ำไหลผ่านจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ในปริมาตรที่เท่ากันจึงทำให้อัตราการไหลเท่ากัน ดังนั้นหากจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากันก็จะทำให้อัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านจุดที่ 1 และ 2 มีขนาดเท่ากันด้วย หากนักเรียนใช้ประสบการณ์ตอบโดยไม่คำนึงถึงของไหลในอุดมคติจะให้นักเรียนตอบผิด ส่วนข้อที่ 6 เป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องอีกครั้งโดยการเปลี่ยนรูปร่างภาชนะจากข้อที่ 4 ที่เป็นท่อในแนวระดับให้เป็นท่อเอียงโดยขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อยังมีขนาดคงที่เช่นกัน และในเวลาเดียวกันปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีค่าเท่ากันเช่นเดียวกับข้อที่ 4 ดังนั้นความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านจึงมีค่าเท่ากันด้วย

จุดประสงค์ที่ 3 : นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับกับสมการแบร์นูลลี

**ข้อที่ 3** จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ภายในท่อ น้ำกำลังไหลออกจากถังใหญ่ผ่านทางท่อ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่และอยู่ในแนวระดับ ดังรูป จงเปรียบเทียบความดันของน้ำแต่ละจุด



ก. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ในระดับเดียวกัน และ  $P = \rho gh$

ข. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันจึงทำให้มีอัตราเร็วเท่ากัน

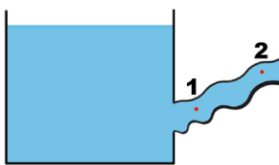
ค. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ น้ำไหลจากบริเวณจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2

ง. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 2 อยู่ใกล้ปลายที่สัมผัสอากาศ ที่มีความดันอากาศทำให้ความดันน้อยกว่าจุดที่ 1 ที่อยู่ใกล้ถังใหญ่

จ. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 2 มีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1

ฉ. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ บริเวณจุดที่ 2 อยู่ห่างจากถังใหญ่มากกว่าจึงได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่

**ข้อที่ 5** น้ำกำลังไหลออกจากถังใหญ่ผ่านท่อที่มีลักษณะดังรูป จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ภายในท่อ กำหนดให้อัตราเร็วของน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีขนาดเท่ากัน จงเปรียบเทียบความดันของน้ำในจุดที่ 1 และจุดที่ 2



ก. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ อัตราเร็วของน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีค่าเท่ากัน

ข. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ เป็นของเหลวชนิดเดียวกันอยู่ในท่อเดียวกัน

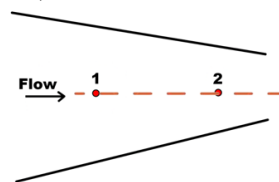
ค. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 2 อยู่ใกล้ปลายที่สัมผัสอากาศ ที่มีความดันอากาศทำให้ความดันน้อยกว่าจุดที่ 1 ที่อยู่ใกล้ถังใหญ่

ง. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 อยู่ต่ำกว่าผิวน้ำถังใหญ่มากกว่าจุดที่ 2

จ. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ ความดันแปรผันตรงกับความสูง จุดที่ 2 มีความสูงจากกันถึงมากกว่าจุดที่ 1

ฉ. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 ได้รับแรงดันมาจากถังใหญ่ แต่จุดที่ 2 มีแรงดันมาจากถังใหญ่และแรงดันจากจุดที่ 1

**ข้อที่ 7** จากรูปน้ำกำลังไหล ในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่คงที่ จากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ซึ่งจุดทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน จงเปรียบเทียบความดันน้ำแต่ละจุด



ก. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน และจุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ในระดับเดียวกัน

ข. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ น้ำไหลจากบริเวณจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2

ค. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ บริเวณจุดที่ 1 มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าบริเวณจุดที่ 2

ง. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ บริเวณจุดที่ 2 มีพื้นที่ขนาดเล็ก และน้ำในท่อเดียวกันมีแรงดันเท่ากัน จากสูตร  $P=F/A$

จ. ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะเป็นของเหลวชนิดเดียวกันและน้ำไหลทางปลายจุดที่ 2

ภาพที่ 4. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับกับสมการแบร์นูลลี

จากภาพที่ 4 เป็นแบบสำรวจในจุดประสงค์ที่ 3 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับกับสมการแบร์นูลลี โดยเป็นการถามต่อเนื่องมาจากจุดประสงค์ข้อที่ 2 เมื่อนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของ

อัตราเร็วแล้ว จะนำค่าอัตราเร็วนั้นมาอธิบายความดันที่เกิดขึ้นที่จุดต่าง ๆ ได้ โดยใช้สมการแบร์นูลลี ซึ่งสมการแบร์นูลลีคือผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ ตำแหน่งใดๆในท่อที่ของไหลผ่านมีค่าคงตัว โดยใช้แบบสำรวจจำนวน 3 ข้อ ข้อที่ 3 เป็นภาษาเช่นเดียวกับข้อที่ 4 โดยในข้อที่ 3 เมื่อนักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับอัตราเร็วของไหลแล้ว นักเรียนจะสามารถอธิบายความดันที่จุดต่าง ๆ ได้จากสมการแบร์นูลลี และคำตอบอื่นๆจะเป็นการตรวจสอบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์วิธีการหาค่าความดันในกรณีของไหลสถิตกับความดันในกรณีพลศาสตร์ของไหล หรือนักเรียนใช้ประสบการณ์ในการตอบคำถามโดยไม่ได้คำนึงถึงของไหลในอุดมคติ ข้อที่ 5 เป็นการถามความดันในภาษาที่มีรูปร่างไม่คงที่ แต่จุดที่สนใจมีตำแหน่งคล้ายข้อที่ 6 โดยบริเวณจุดที่สนใจมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดเท่ากันทำให้อัตราเร็วของไหลบริเวณดังกล่าวมีขนาดเท่ากัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ต่อในสมการแบร์นูลลีจะทำให้ทราบว่าค่า  $h$  ที่ก่อให้เกิดพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรแปรผกผันกับขนาดของความดัน และข้อที่ 7 เป็นน้ำที่ก้างไหลในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากันที่อยู่ในระดับเดียวกันดังนั้นพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรที่บริเวณจุดทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน เมื่อวิเคราะห์ตามความสัมพันธ์ของสมการความต่อเนื่องจะพบว่าบริเวณพื้นที่หน้าตัดมากอัตราเร็วจะน้อย พื้นที่หน้าตัดน้อยความเร็วจะมาก และนำมาวิเคราะห์หาความดันจากสมการแบร์นูลลีจะได้ความสัมพันธ์ว่าในบริเวณที่มีพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรเท่ากัน บริเวณที่มีความเร็วมากความดันจะน้อย และบริเวณที่มีความเร็วน้อยความดันจะมาก

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

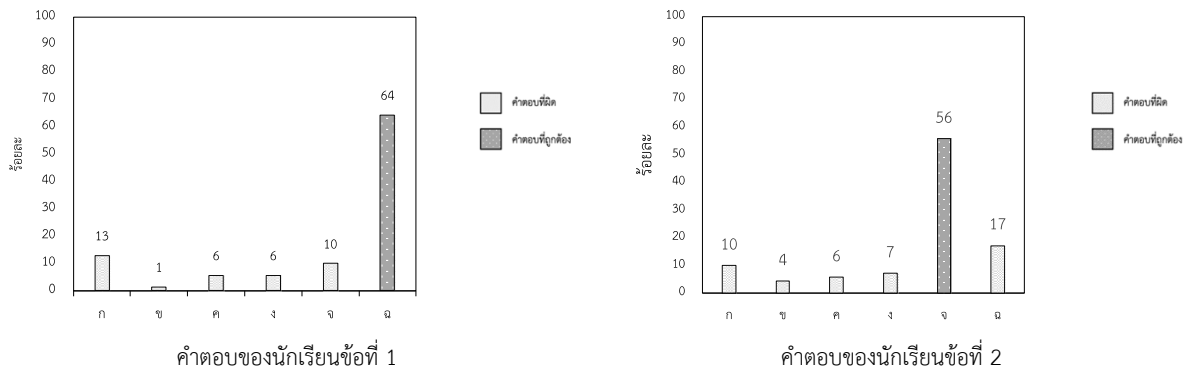
เมื่อดำเนินการสร้างแบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 7 ข้อโดยแต่ละข้อจะมีเหตุผลประกอบการเลือกคำตอบเรียบร้อยแล้ว ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอมในหนังสือแสดงเจตตียินยอมเข้าร่วมการวิจัย นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย หลังจากนั้นทำแบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลเป็นเวลา 30 นาที และผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมคำตอบของนักเรียน นำมาจัดกลุ่มคำตอบ วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจัดระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนรายข้อ รายประเด็นที่นักเรียนเลือกตอบ ตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัดมโนคติ 3 จุดประสงค์

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการจัดระดับมโนคติของนักเรียนโดยการวิเคราะห์ข้อมูลมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จากคำตอบของนักเรียนจำนวน 70 คน โดยวิเคราะห์จากคำตอบและเหตุผลของนักเรียน จากนั้นจับกลุ่มมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จนสามารถสรุปมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยสถิติที่ใช้คือ ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละมโนคติ นำเสนอในรูปแบบแผนภูมิ และอธิบาย วิเคราะห์ลักษณะคำตอบตามมโนคติในแต่ละจุดประสงค์ จากนั้นจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนทั้งหมดโดยแบ่งเป็นประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนโดยทางผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 5 ประเด็น

### ■ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

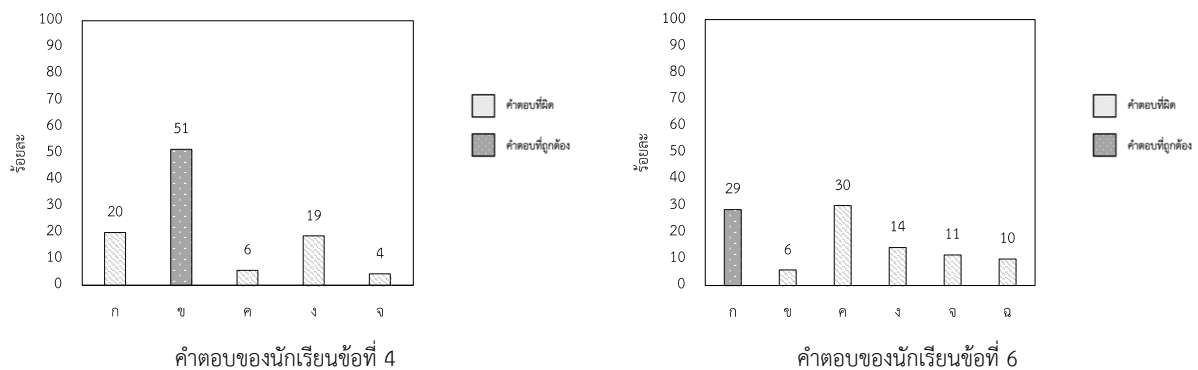
จากการสำรวจและนำมาวิเคราะห์มโนคติ เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จากแบบสำรวจมโนคติทั้ง 7 ข้อ จากคำตอบของนักเรียนจากภาพที่ 5-7 ซึ่งแบ่งตามจุดประสงค์ข้อที่ 1-3 พบว่าในจุดประสงค์ที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ ( $h$ ) ที่สัมพันธ์กับความดันของไหลสถิต จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5. แจกแจงลักษณะคำตอบของนักเรียน ในข้อคำถามข้อที่ 1 และ 2 ของจุดประสงค์ที่ 1

พบว่าจากการตอบคำถามของนักเรียนข้อที่ 1 มีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับของไหลสถิตว่าเมื่อตำแหน่งที่สนใจอยู่ระดับเดียวกันน้ำจากผิวน้ำมีความดันเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 64 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อจุดที่สนใจอยู่ใกล้ถึงใบใหญ่ที่มีปริมาตรของเหลวมากจะมีความดันที่มากกว่าคิดเป็นร้อยละ 13 และนักเรียนเข้าใจว่าพื้นที่หน้าตัดของภาชนะมีผลต่อความดัน ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่เท่ากันจะมีความดันเท่ากัน ร้อยละ 10 และจากการตอบคำถามของนักเรียนในข้อที่ 2 พบว่ามีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่าหากของเหลวไม่ไหล ดังนั้นความดันที่ตำแหน่งต่างๆ จึงแปรผันตรงกับความลึกจากผิวน้ำ คิดเป็นร้อยละ 56 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการวัดความสูงจากระดับอ้างอิง นักเรียนยังไม่สามารถระบุตำแหน่งอ้างอิงที่ถูกต้องได้ คิดเป็นร้อยละ 17

ในจุดประสงค์ที่ 2 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน ดังภาพที่ 6

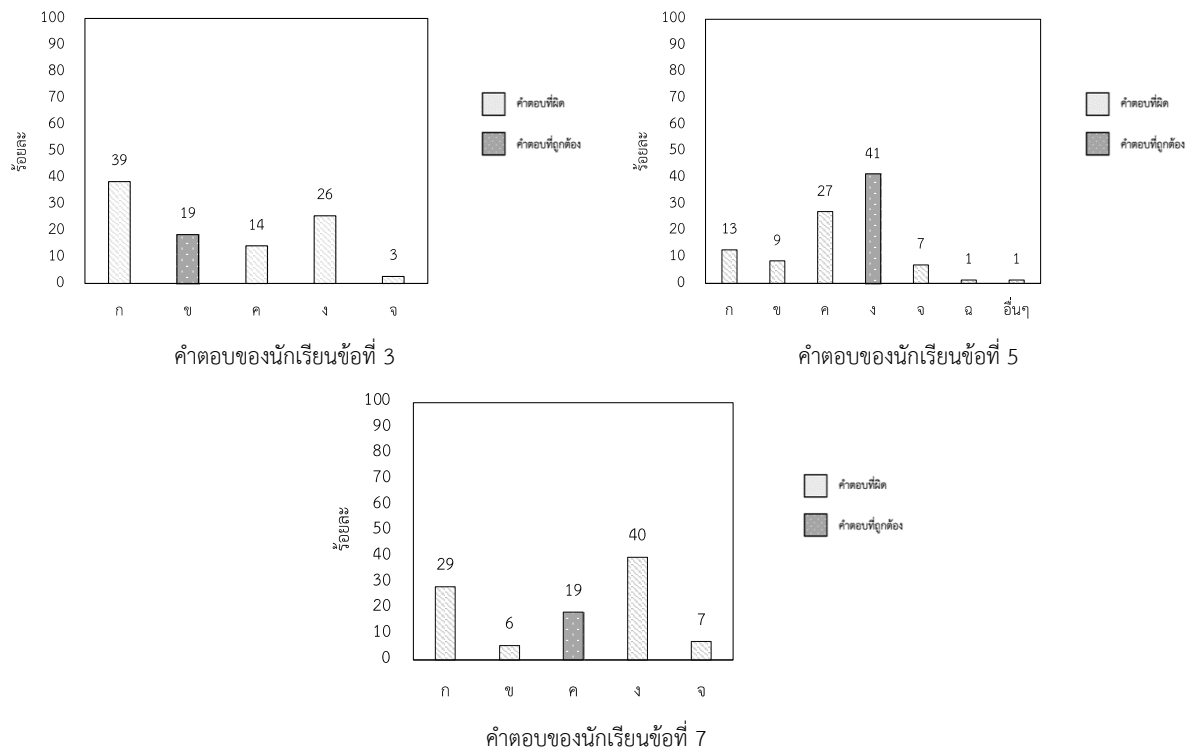


ภาพที่ 6. แจกแจงลักษณะคำตอบของนักเรียน ในข้อคำถามข้อที่ 4 และ 6 ของจุดประสงค์ที่ 2

พบว่าจากการตอบคำถามของนักเรียนข้อที่ 4 มีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหลว่าพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากันจะทำให้ น้ำไหลออกในปริมาตรที่เท่ากันส่งผลให้อัตราเร็วของน้ำทั้งสองจุดมีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 51 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อน้ำไหลอัตราเร็วของน้ำจะแปรผันตรงกับความดัน ดังนั้นจุดทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกันความดันเท่ากันความเร็วจึงมีค่าเท่ากันด้วย คิดเป็นร้อยละ 20 และนักเรียนเข้าใจว่าอัตราเร็วแปรผันตรงกับความดัน และจุดที่อยู่ใกล้ถึงน้ำใบใหญ่มากจะมีความดันมาก คิดเป็นร้อยละ 19 และจากการตอบคำถามของนักเรียนในข้อที่ 6 พบว่ามีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่า จากสมการความต่อเนื่องเมื่อจุดทั้งสองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันความเร็วของน้ำย่อมมีค่าเท่ากัน คิดเป็น

ร้อยละ 29 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าอัตราเร็วแปรผันตรงกับความดัน และจุดที่อยู่ใกล้ถึงน้ำใบใหญ่มากจะมี ความดันมาก คิดเป็นร้อยละ 30

ในจุดประสงค์ที่ 3 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความดันของไหลที่สอดคล้องกับกับสมการแบร์นูลลี จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7. แจกแจงลักษณะคำตอบของนักเรียน ในข้อคำถามข้อที่ 3 5 และ 7 ของจุดประสงค์ที่ 3

พบว่าจากการตอบคำถามของนักเรียนข้อที่ 3 มีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหลว่าเมื่อตำแหน่งที่สนใจอยู่ระดับเดียวกัน เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน ความดันจะมีค่าเท่ากันตามสมการแบร์นูลลี คิดเป็นร้อยละ 19 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าความดันของจุดทั้งสองสามารถหาได้จากสมการของไหลสถิต ซึ่งจุดทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน ความดันจึงมีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 39 และนักเรียนเข้าใจว่าอัตราเร็วแปรผันตรงกับความดัน และจุดที่อยู่ใกล้ถึงน้ำใบใหญ่มากจะมีความดันมาก คิดเป็นร้อยละ 10 จากการตอบคำถามของนักเรียนในข้อที่ 5 พบว่ามีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่าตำแหน่งของจุดที่สนใจมีผลต่อความดันดังสมการแบร์นูลลี เมื่อจุดที่ 1 และ 2 มีความเร็วเท่ากันจึงส่งผลให้ความดันจุดที่ 1 ที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำมากกว่ามีความดันมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 41 และมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเมื่อจุดทั้งสองที่สนใจมีความเร็วเท่ากัน ความดันย่อมมีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 13 และมีนักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าอัตราเร็วแปรผันตรงกับความดัน และจุดที่อยู่ใกล้ถึงน้ำใบใหญ่มากจะมีความดันมาก คิดเป็นร้อยละ 27 และจากการตอบคำถามของนักเรียนในข้อที่ 7 พบว่ามีนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่า พื้นที่หน้าตัดส่งผลต่อความดัน เนื่องจากจุดทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน พื้นที่หน้าตัดมาก ความเร็วจะมีค่าน้อย ส่งผลให้ความดันมีค่ามาก คิดเป็นร้อยละ 19 และมีนักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าจุดทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกันความดันจึงมีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 29 และนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าความดันแปรผันตรงกับความเร็ว เมื่อพื้นที่หน้าตัดมากความเร็วมีค่าน้อยจึงส่งผลให้ความดันน้อย คิดเป็นร้อยละ 40

จากการรวบรวมคำตอบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัด กรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านการจัดการเรียนเรื่อง

ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 70 คนที่ได้จากแบบสำรวจวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง  
ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 7 ข้อ สามารถสรุปผลสำรวจมโนคติ  
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล

| จุดประสงค์<br>ที่ | แบบ<br>สำรวจ<br>ข้อที่ | จำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละตัวเลือก / ร้อยละ |               |               |               |               |              | ค่าเฉลี่ยของนักเรียนที่มีมโนคติ<br>ที่คลาดเคลื่อน |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------------------------------------|
|                   |                        | ก                                           | ข             | ค             | ง             | จ             | ฉ            |                                                   |
| 1                 | 1                      | 9/13%                                       | 1/1%          | 4/6%          | 4/6%          | 7/10%         | <b>4/64%</b> | 40%                                               |
|                   | 2                      | 7/10%                                       | 3/4%          | 4/6%          | 5/7%          | <b>39/56%</b> | 12/17%       |                                                   |
| 2                 | 4                      | 14/20%                                      | <b>36/51%</b> | 4/6%          | 13/19%        | 3/4%          | -            | 60%                                               |
|                   | 6                      | <b>20/29%</b>                               | 4/6%          | 21/30%        | 10/14%        | 8/11%         | 7/10%        |                                                   |
| 3                 | 3                      | 27/39%                                      | <b>13/19%</b> | 10/14%        | 18/26%        | 2/3%          | -            | 77%                                               |
|                   | 5                      | 9/13%                                       | 6/9%          | 19/27%        | <b>29/41%</b> | 5/7%          | 2/2%         |                                                   |
|                   | 7                      | 20/29%                                      | 4/6%          | <b>13/19%</b> | 28/40%        | 5/7%          | -            |                                                   |

จากตารางที่ 3 แสดงถึงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล พบว่านักเรียนมี  
มโนคติที่ถูกต้องในจุดประสงค์ที่ 1 ความสัมพันธ์ของความลึกจากผิวน้ำ (h) ที่สัมพันธ์กับความดันในของไหลสถิตคิดเป็น  
ร้อยละ 60 และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 40 เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 17 มีมโนคติว่าระยะความสูง (h) ในสมการ  
 $P = \rho gh$  คือ ระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดที่สนใจในกรณีของไหลสถิต นักเรียนร้อยละ 10 มีมโนคติว่ามีมโนคติว่าความดันใน  
ของไหลสถิตขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของภาชนะเท่านั้น และมีนักเรียนมโนคติว่าในของไหลสถิตความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีผล  
มาจากสิ่งแวดล้อม เช่น ภาชนะที่เชื่อมติดกับตำแหน่งที่สนใจที่บรรจุของเหลวปริมาตรมาก ในจุดประสงค์ที่ 2 ความสัมพันธ์ของ  
ขนาดพื้นที่หน้าตัดของภาชนะกับความเร็วของไหล พบว่ามีนักเรียนเข้าใจถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 40 และมีมโนคติ  
ที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 60 เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 20 มีมโนคติว่าในกรณีที่ของเหลวกำลังไหลความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ  
แปรผันตรงกับความเร็วเสมอ และนักเรียนร้อยละ 30 มีมโนคติว่าภาชนะขนาดใหญ่ที่มีท่อต่อบริเวณก้นถังที่น้ำไหลออก ตำแหน่งที่  
อยู่ใกล้ถังใหญ่จะมีความดันมาก และพบว่ามีนักเรียนเข้าใจถูกต้องในจุดประสงค์ที่ 3 ความสัมพันธ์ของความดัน  
ของไหลที่สอดคล้องกับสมการแบร์นูลลี คิดเป็นร้อยละ 23 และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 77 เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 33 มี  
มโนคติว่ากรณีที่น้ำกำลังไหล ค่าความดันกรณีใดๆ สามารถหาได้จากสมการ  $P = \rho gh$  เท่านั้น นักเรียนร้อยละ 7 มีมโนคติว่าในกรณี  
กรณีที่ของเหลวกำลังไหลความดันแปรผันตรงกับความเร็วเสมอ และพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 3 มีมโนคติว่าในกรณีที่  
ของเหลวไหลจากถังใหญ่ผ่านท่อที่เชื่อมต่อกับถังใหญ่ ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ถังใหญ่จะมีความดันมาก เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน  
รายข้อ ทางผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มประเด็นที่นักเรียนเข้าใจผิด สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเด็น สัมพันธ์กับคำตอบในแต่ละข้อตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนและคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อ

| ประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                  | จากคำตอบข้อที่-ตัวเลือก | จำนวนร้อยละที่นักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อน |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| 1.ความดันในของไหลสถิตขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของภาชนะเท่านั้น                                                                           | 1-จ                     | 10                                         |
| 2.ระยะความสูง (h) คือ ระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดที่สนใจในกรณีของไหลสถิต                                                               | 2-ฉ                     | 17                                         |
| 3.ภาชนะขนาดใหญ่ที่มีท่อต่อบริเวณก้นถึงที่น้ำไหลออก ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ถึงใหญ่จะมีความดันมาก โดยไม่คำนึงถึงขนาดของท่อและตำแหน่งที่สนใจ | 1-ก, 3-ง, 6-ค           | 23                                         |
| 4.ความดันแปรผันตรงกับความเร็วเสมอ                                                                                                    | 4-ก, 7-ง                | 29                                         |
| 5.กรณีที่น้ำกำลังไหล ค่าความดันกรณีใดๆ สามารถหาได้จากสมการ $P = \rho gh$ เท่านั้น                                                    | 3-ก, 7-ก                | 33                                         |

จากตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนและคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อพบว่า มีประเด็นที่สำคัญ 5 ประเด็นโดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความดันในของไหลสถิตขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของภาชนะเท่านั้น โดยมีนักเรียนมีมโนคติในประเด็นนี้คิดเป็นร้อยละ 10 จากงานวิจัยของณรงค์ศักดิ์ สีหะวงษ์ (2557) พบว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอน การทดลอง และประสบการณ์ของนักเรียนมีผลต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากภาชนะที่มีความสูงเท่ากัน บรรจุของเหลวเท่ากัน ภาชนะที่มีพื้นที่หน้าตัดมากมีน้ำหนักมาก และจากนิยามของความดัน (Pressure) คือ แรงดัน (P) ที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (A) ดังนั้นเขียนเป็นสมการได้ว่า  $P=F/A$  ดังนั้นนักเรียนจึงมีมโนคติว่าพื้นที่หน้าตัดของภาชนะมีผลต่อความดันในกรณีของไหลสถิต

ประเด็นที่ 2 ระยะความสูง (h) คือ ระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดที่สนใจในกรณีของไหลสถิต ที่คำนวณความดันจากสมการ  $P = \rho gh$  คิดเป็นร้อยละ 17 เนื่องจากการคำนวณค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะสูงขึ้นเมื่อวัตถุมีความสูงจากพื้นมากขึ้น โดยค่า h ของพลังงานศักย์โน้มถ่วงคือระยะที่วัดจากพื้น (สุขญา พันทวี ,2558 :1763-1773) และในสมการความดันในของไหลสถิตก็มีตัวแปร h เช่นกันจึงทำให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงนิยาม

ประเด็นที่ 3 ภาชนะขนาดใหญ่ที่มีท่อต่อบริเวณก้นถึงที่น้ำไหลออก ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ถึงใหญ่จะมีความดันมาก โดยไม่คำนึงถึงขนาดของท่อและตำแหน่งที่สนใจ คิดเป็นร้อยละ 23 เนื่องจากนักเรียนสังเกตจากพฤติกรรมไหลของน้ำว่าเมื่อเจาะรูถึงน้ำบริเวณที่อยู่ใกล้ถึงน้ำจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่แรงกว่าบริเวณที่อยู่ไกลถึงน้ำ ซึ่งในกรณีนี้หากพิจารณาในกรณีของไหลสถิตที่ของไหลไหลอย่างต่อเนื่อง ท่อที่มีขนาดเท่ากันจะต้องมีอัตราการไหลที่เท่ากัน และพิจารณาความดันจากสมการแบร์นูลลีต่อไป ดังนั้นเพื่อการพัฒนาของนักเรียนควรใช้สื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรม (พชรพร กิจพิบูลย์,2562)

ประเด็นที่ 4 ความดันแปรผันตรงกับความเร็วเสมอ คิดเป็นร้อยละ 29 เนื่องจากนิยามของความดัน (Pressure) แรงแปรผันตรงกับค่าความดัน และนักเรียนมีมโนคติว่าความเร็วแปรผันตรงกับแรง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Smith and Wittmann (2008) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า แรงแปรผันตรงกับความเร็ว และความเร่งมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ จึงทำให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในประเด็นนี้

ประเด็นที่ 5 กรณีที่น้ำกำลังไหล ค่าความดันกรณีใดๆ สามารถหาได้จากสมการ  $P = \rho gh$  เท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 33 เช่นเดียวกับงานวิจัยของภัทรชา สุขสบาย (2561:742-754) ในกรณีที่พิจารณาความดันของลมบริเวณรอบ ๆ รถบรรทุก นักเรียนพิจารณาความดันบริเวณต่าง ๆ โดยไม่อ้างอิงสมการแบร์นูลลีในการตอบคำถาม

จากประเด็นที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ทางผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มตามคำตอบของนักเรียน จากนั้นสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่าประเด็นที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลมีสาเหตุมาจากเนื้อหาค่อนข้างเป็นนามธรรมและข้อจำกัดในบทเรียนของนักเรียนเป็นการศึกษาพฤติกรรมของไหลในอุดมคติ ซึ่งแตกต่างจากของไหลที่นักเรียนสังเกตได้ในชีวิตประจำวันที่มีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของไหลทำให้แนวคำตอบของนักเรียนเกิดจากสิ่งแวตล้อมและประสบการณ์ที่นักเรียนพบเจอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวดี แสนคำภูมิ (2544) กล่าวว่า สาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น ความเชื่อจากผู้ทรงคุณวุฒิและนักปรัชญาในอดีต เนื้อหาในบทเรียนค่อนข้างเป็นนามธรรม ตำราเรียนไม่ชัดเจน ความแตกต่างระหว่างภาษาที่ใช้ในเชิงวิทยาศาสตร์กับที่ใช้ในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีวุฒิภาวะและพัฒนาการทางสติปัญญาไม่เพียงพอที่จะทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ตลอดจนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของครูผู้สอนในการให้ความรู้กับนักเรียน ซึ่ง Posner และคณะ (อ้างถึงใน วรณจรรย์ มั่งสิงห์, 2537) ได้เสนอเงื่อนไขในการเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยมโนคติใหม่ต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible) บุคคลจะต้องมองเห็นได้ว่า มโนคติใหม่ก่อให้เกิดประสบการณ์เพียงพอสำหรับแสวงหาความเป็นไปได้ต่าง ๆ อย่างไร ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงคิดที่จะออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยทำการสร้างเครื่องมือวิจัย คือ ชุดกิจกรรมเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ซึ่งประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและชุดกิจกรรม และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ผลสัมฤทธิ์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลต่อไป

## ■ บทสรุปจากการวิจัย

1) ผู้ทำการวิจัยได้สร้างแบบทดสอบเรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 7 ข้อ แบ่งเป็น 3 วัตถุประสงค์โดยแบบสำรวจที่ได้มีเนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 ได้ตรวจสอบหาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.5-0.8 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

2) ผลการสำรวจพบว่านักเรียนมีมโนคติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล พบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน 5 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 จากการตอบข้อที่ 1 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 10 ตอบตัวเลือก จ โดยเปรียบเทียบความดันของของเหลวที่จุด 4 จุดว่า “ $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$  เพราะขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดแต่ละหลอดเท่ากัน” จึงอธิบายได้ว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าความดันในของไหลสถิตขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของภาชนะเท่านั้น

ประเด็นที่ 2 จากการตอบข้อที่ 2 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 17 ตอบตัวเลือก ฉ โดยเปรียบเทียบความดันของของเหลวที่จุด 4 จุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ว่า “ $P_3 > P_2 > P_4 = P_1$  เพราะ เนื่องจากเป็นของไหลสถิต ดังนั้นความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ จึงแปรผันตรงกับความลึกจากด้านล่างของท่อ” จึงอธิบายได้ว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าระยะความสูง (h) คือ ระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดที่สนใจในกรณีของไหลสถิต ที่คำนวณความดันเกจจากสมการ  $P = \rho gh$

ประเด็นที่ 3 จากการตอบข้อที่ 1 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 13 ตอบตัวเลือก ก โดยเปรียบเทียบความดันของน้ำแต่ละจุดว่า “ $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$  เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถึงใหญ่มากกว่าจึงได้รับแรงดันมาจากถึงใหญ่” การตอบข้อที่ 3 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 26 ตอบตัวเลือก ง โดยเปรียบเทียบความดันของน้ำแต่ละจุดที่กำลังไหลว่า “ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 2 อยู่ใกล้ปลายที่สัมผัสอากาศ ที่มีความดันอากาศทำให้ความดันน้อยกว่าจุดที่ 1 ที่อยู่ใกล้ถึงใหญ่” และการตอบข้อที่ 6 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 30 ตอบตัวเลือก ค โดยเปรียบเทียบอัตราเร็วของน้ำแต่ละจุดที่กำลังไหลออกจากถึง

ว่า “อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 มากกว่าจุดที่ 2 เพราะ จุดที่ 1 อยู่ใกล้ถึงใหญ่มากกว่า ทำให้มีความดันมากและความดันแปรผันตรงกับอัตราเร็ว” คิดรวมเป็นร้อยละ 23 อธิบายได้นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนว่าภาชนะขนาดใหญ่ที่มีท่อต่อบริเวณกันถึงที่น้ำไหลออก ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ถึงใหญ่จะมีความดันมาก โดยไม่คำนึงถึงขนาดของท่อและตำแหน่งที่สนใจ

ประเด็นที่ 4 จากการตอบข้อที่ 4 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 20 ตอบตัวเลือก ก โดยเปรียบเทียบเปรียบเทียบขนาดของอัตราเร็วของน้ำแต่ละจุดที่กำลังไหลว่า “อัตราเร็วของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ อยู่ระดับเดียวกัน ความดันเท่ากันและความดันแปรผันตรงกับอัตราเร็ว” และจากการตอบข้อที่ 7 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 40 ตอบตัวเลือก ก โดยเปรียบเทียบความดันน้ำแต่ละจุดที่กำลังไหลในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่คงที่ว่า “ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 น้อยกว่าจุดที่ 2 เพราะ บริเวณจุดที่ 2 มีพื้นที่ขนาดเล็ก และน้ำในท่อเดียวกันมีแรงดันเท่ากัน จากสูตร  $P=F/A$ ” คิดรวมเป็นร้อยละ 29 จึงอธิบายได้นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนว่าความดันแปรผันตรงกับความเร็วเสมอ

ประเด็นที่ 5 จากการตอบข้อที่ 3 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 39 ตอบตัวเลือก ก เมื่อกำหนดอัตราเร็วของน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีขนาดเท่ากัน โดยเปรียบเทียบความดันของน้ำในจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ของน้ำที่กำลังไหลว่า “ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ อัตราเร็วของน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีค่าเท่ากัน” และจากการตอบข้อที่ 7 พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 29 ตอบตัวเลือก ก โดยเปรียบเทียบความดันน้ำแต่ละจุดที่กำลังไหลในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่คงที่ว่า “ความดันของน้ำบริเวณจุดที่ 1 เท่ากับจุดที่ 2 เพราะ เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน และจุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ในระดับเดียวกัน” คิดรวมเป็นร้อยละ 33 จึงอธิบายได้นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนว่ากรณีที่น้ำกำลังไหล ค่าความดันกรณีใด ๆ สามารถหาได้จากสมการ  $P = \rho gh$  เท่านั้น

## ■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

### ข้อจำกัด

เนื่องจากแบบทดสอบเพื่อวัดโมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถวิเคราะห์ในขอบเขตเนื้อหาของไหลที่เป็นของเหลว เป็นของไหลในอุดมคติ

### ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างแบบทดสอบเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล จำนวน 7 ข้อ ตัวเลือกของคำตอบถูกพัฒนามาจากการถามคำถามนักเรียนปลายเปิด ดังนั้นในการพัฒนาแบบทดสอบนี้ หากต้องการวิเคราะห์นักเรียนได้ครอบคลุมทุกประเด็นควรใช้ควบคู่กับการถามคำถามปลายเปิดเพิ่มเติมเพื่อสร้างตัวเลือกที่หลากหลาย และ คำอธิบายของคำถามรายข้อมีความไม่ชัดเจนเพื่อบังคับโมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้ร่วมกับสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างของนักเรียนเพื่อเก็บข้อมูล และในการจัดการเรียนการสอนเรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหลควรเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างของไหลในอุดมคติและของไหลในชีวิตจริง รวมถึงสื่อการจัดการเรียนการสอนควรทำให้เกิดความเข้าใจที่แจ่มแจ้ง เพื่อเป็นการเสริมประสบการณ์ให้นักเรียนได้ประมวณผลจากสถานการณ์จริง

## References

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุมสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- กิตติศักดิ์ ศรีวงศ์ษา. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 18(1), 135-152.
- ณรงค์ศักดิ์ สีหะวงศ์. (2557). *การเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียนเรื่องกลศาสตร์ของไหลด้วยชุดการทดลองอเนกประสงค์*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ดาร์รัตน์ วังโน. (2561, 20 มีนาคม). *การสำรวจความเข้าใจของนักเรียนเรื่องแรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- ธันยรัตน์ พลเยี่ยม. (2560). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหา ของโพลยา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(1), 84-95.
- ธีรพงศ์ จุลสายพันธ์. (2555). แนวทางพัฒนาการจัดการศึกษาสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการของภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*, 7 (1), 205-223
- นัฏฐา มิ่งสุข. (2564). การศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 5(2), 119-132
- ประภัสสร บุญเถิง. (2555). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลศาสตร์ของไหลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พชรพร กิจพิบูลย์. (2562). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติที่มีต่อวิชา วิทยาศาสตร์ โดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ภัทรชา สุขสบาย. (2558). *ความสามารถในการนำความรู้เรื่องของไหลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/ กรุงเทพฯ.
- ภัทรพงศ์ อินทรกำเนิด. (2551). การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และแนวโน้มบริบทการเปลี่ยนแปลงสังคมโลกและสังคมไทย ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม. *วารสารสำนักนโยบายและแผนการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา*, 1(1), 134.
- สงวนศรี ภักดียานุวรรตน์. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชา ฟิสิกส์และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- สุชนา พันทวี. (2558). การศึกษาแนวคิด เรื่อง พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากมุมมองด้านภววิทยา. [เอกสารนำเสนอ]. การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34, ขอนแก่น, ประเทศไทย.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2550). การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็น. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Alvaro Suarez. (2017). Student Conceptual Difficulties in Hydrodynamics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.13.020132>
- C. P. Wijaya, S. K. Handayanto, M. Muhandjito. (2016). The diagnosis of senior high school class X Mia B students misconceptions about hydrostatic pressure concept using three-tier. *Indonesian Journal of Science Education*, 5(2), 14-21
- Ceken, R. (2014). Primary school teacher education students' misconception on waste. *International Journal of Academic Research*, 6(3), 19-23. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2014/6-3/b.3>
- Chang, C., Yeh, T., & Barufaldi, J. P. (2009). The positive and negative effects of science concept tests on student conceptual understanding. *International Journal of Science Education*, 32(2), 265-282. <https://doi.org/10.1080/09500690802650055>
- National Research Council. (1997). *Science teaching reconsidered: A handbook*. Washington, DC: National Academics Press.
- Smith and Wittmann. (2008). Applying a resources framework to analysis of the Force and Motion Conceptual Evaluation. *Physics Education Research*, 4(2), 1-12