

การศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลว
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

A Study of the Misconceptions about Factors Affecting the Buoyant Force
of the Grade 12 Student

นัทธา มิ่งสุข¹ และ แสงกฤษ กลั่นบุศย์^{2*}
Nattha Mingsuk¹ and Saengkrit Klunboot^{2*}

¹ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, mingsuk.nattha@gmail.com
(Faculty of Science, KMUTT)

^{2*} คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th
(Faculty of Science, KMUTT)

บทคัดย่อ

การเรียนการสอนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆกับขนาดของแรงพยุงในของเหลว ซึ่งจะเป็พื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสร้างนวัตกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกได้ แต่อย่างไรก็ตามเนื้อหาในเรื่องนี้มีความซับซ้อน จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 58 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงมาแล้ว โดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบและอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 6 ข้อ จากนั้นวิเคราะห์ผลโดยการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประยุกต์มาจาก Haidar และ Abraham ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาเกี่ยวกับ การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของวัตถุ ปริมาตรของวัตถุ และความหนาแน่นของของเหลว คิดเป็นร้อยละ 84.49 , 52.58 และ 46.55 ตามลำดับ จากผลการศึกษาสามารถนำไปออกแบบพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และเพิ่มความเข้าใจที่ถูกต้อง ในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลวได้ในอนาคต

คำสำคัญ: แรงพยุง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลว

ABSTRACT

The objective of teaching about the factors affecting the buoyant force is for students to gain an understanding about the relationship of the factors with the magnitude of the buoyancy in the fluid. This will be the basis for the application in the design and creation of innovations that facilitate. However, the content is complex, which results in most students having learnt several misconceptions. Consequently, this research is an examination of 58 students in the 12th grade by using a conceptual test of six questions consisting of explanations of the reasons for the answers. The results were analysed by arrangement of the group responses of the students according to the level of scientific understanding applied by

Haidar & Abraham. These results showed that the misconceptions about the relationship between the buoyant force and the density of the object, the volume, and the density of the fluid were 84.49%, 52.58% and 46.55%, respectively. The results from this survey can be used to create and develop learning management with regard to scientific concepts in the future.

KEYWORDS: Buoyancy Force, Misconceptions, Factors affecting buoyant force

**Corresponding author, E-mail: saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th โทร 086-3439558*

Received: 18 November 2020 / Revised: 23 December 2020 / Accepted: 13 January 2021 / Published online: 31 August 2021

บทนำ

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถือว่าเป็นกลไกที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาประเทศ ดังนั้น การเตรียมความพร้อมในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง (วาสนา เพียรสุทธิ, 2557) แต่การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เพราะยังพบว่าผู้เรียนอีกจำนวนไม่น้อยที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (misconception) ไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ (ภัสสร สอนพิมพ์พ้อ, 2557) ดังจะเห็นได้จากแนวคิดทางการศึกษาที่ปรากฏอยู่มากมาย พิสูจน์ได้เป็นวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่เป็นจำนวนมากเช่นกัน โดยวิชาฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่ว่าด้วยเรื่องของการทำงานเข้าใจกับธรรมชาติ ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นรอบตัว รวมไปถึงการสร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในอาคารบ้านเรือนการสื่อสารคมนาคม ตลอดจนงานทางการแพทย์ การทหาร อุตสาหกรรม วงการบันเทิงและการศึกษา (ภทรชา สุขสบาย, 2557) อีกทั้งด้วยตัวเนื้อหาของรายวิชาฟิสิกส์นั้นค่อนข้างเป็นนามธรรม ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่เกิดจากจินตนาการที่นักฟิสิกส์สร้างขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับมุมมองทางกายภาพของสสารพลังงานโดยจะอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นผ่านสมการคณิตศาสตร์ (Hewitt, 2015) จึงทำให้มีโอกาสเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้มากกว่าสาขาวิชาอื่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ (ปัทมาพร ณ น่าน, 2561) โดยเฉพาะเนื้อหาเกี่ยวกับแรงพุงในของเหลว เป็นเรื่องที่ครูผู้สอนส่วนใหญ่ จะใช้รูปแบบวิธีการสอนโดยใช้การท่องจำสูตร แล้วอธิบายความหมายผ่านสูตรการคำนวณนั้น ผู้เรียนขาดการทดลอง ไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง จึงอาจจะเกิดความเข้าใจที่ไม่คงทน และทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ในที่สุด การขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันหรือเกิดอันตรายแก่ชีวิตได้ ดังเหตุการณ์เมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2538 คือ โปะเรือท่าพรานนกล่ม ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากถึง 29 คนและบาดเจ็บอีกจำนวนมาก (ไทยรัฐออนไลน์, 23 กุมภาพันธ์ 2558) เพราะขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญในการศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลวกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 58 คนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลวมาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยออกแบบแบบทดสอบที่ใช้ในการสำรวจความเข้าใจเป็นแบบเลือกตอบและให้เหตุผลประกอบ ซึ่งแบบทดสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและสามารถนำมาใช้กับนักเรียนได้ จากนั้นนำลักษณะคำตอบของนักเรียนไปวิเคราะห์ผลเพื่อที่จะได้นำผลการวิจัยในครั้งนี้เก็บเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแรงพุงในของเหลวได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว
2. เพื่อสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดรวบยอด ที่มาจากกระบวนการจัดระบบของความคิดในการจัดประเภท จำแนก วิเคราะห์ข้อมูล หรือเหตุการณ์ต่างๆ จนได้ข้อสรุปโดยอาศัย กฎเกณฑ์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบาย
2. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ ความคิด ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง สมบูรณ์ ไม่ครอบคลุม ทำให้เกิดความคลุมเครือในการต่อยอดในการสร้างความเข้าใจเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวข้องกัน หรือเป็นความรู้ความเข้าใจที่เบี่ยงเบนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน (สุตารัตน์ พุ่มนวล, 2561)

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำข้อมูลจากการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว ไปออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
2. ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางสำหรับค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเรื่องนี้ใช้วิธีการวิจัยตามแบบแผนของการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อสำรวจความเข้าใจของนักเรียนในเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว ซึ่งได้ผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ใบรับรองเลขที่ KMUTT-IRB-COE-2020-034 โดยมีรายละเอียดระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ นักเรียนโรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 และ 6/3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 จำนวน 58 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่องแรงพุงในของเหลวในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาแล้ว

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและออกแบบเครื่องมือ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำประเด็นดังกล่าวมากำหนดเป็นประเด็นที่ต้องการวัดความเข้าใจ จำนวน 3 ประเด็น จากนั้นสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว จำนวน 6 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบและให้อธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบ ซึ่งแบบทดสอบนี้ถูกดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ ฉัตรชัย หัสตร (2557) และ (Wagner et al., 2010) โดยนำประเด็นความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของของเหลวมาเพิ่มระดับความซับซ้อนในแบบทดสอบให้มากขึ้น และแบบทดสอบนี้ได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จน

แบบทดสอบผ่านการประเมินความสอดคล้องของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ (index of item objective congruence:IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งหมดจำนวน 6 ข้อที่สามารถนำไปใช้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ตารางประเด็นที่ต้องการวัดความเข้าใจ

	ประเด็นที่ต้องการวัดความเข้าใจ	แบบทดสอบข้อที่
1	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพุงกับปริมาตรของวัตถุ	2
		3
2	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพุงกับความหนาแน่นของของเหลว	4
		5
3	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพุงกับความหนาแน่นของวัตถุ	1
		6

ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้นักเรียนกรอกแบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจ (Conceptual Test) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว จำนวน 6 ข้อ เป็นเวลา 50 นาที

ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุง จากคำตอบที่นักเรียนเลือกตอบ และการให้เหตุผลอธิบายในการเลือกคำตอบในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบที่นักเรียนเลือกตอบประกอบกับการให้เหตุผลในแต่ละข้อคำถาม แล้วจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนที่สื่อความหมายไปในทางเดียวกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยจำแนกออกเป็น 5 กลุ่มตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จาก Haidar และ Abraham (Haidar & Abraham, 1997) ซึ่งเป็นการจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับแบบทดสอบที่ต้องการวิเคราะห์คำตอบและการอธิบายเหตุผลประกอบ ผู้วิจัยจึงนำลักษณะการจัดระดับความเข้าใจดังกล่าวมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยมากขึ้น ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ตารางแสดงวิธีการวิเคราะห์คำตอบซึ่งประยุกต์มาจากการจัดกลุ่มของ Haidar และ Abraham

กลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	การพิจารณาคำตอบ	
	ตัวเลือก	การเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และ สมบูรณ์ ซึ่งตรงตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนที่อธิบายผิด
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PUSM)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลผิดทั้งหมด / อธิบายเหตุผลถูกและผิดปนกัน

กลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	การพิจารณาคำตอบ	
	ตัวเลือก	การเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ
กลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)	ผิด	อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้อง / อธิบายเหตุผลผิด / อธิบายเหตุผลถูกและผิดปนกัน
กลุ่มที่ไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)	ผิด	ไม่อธิบายเหตุผล

โดยผู้วิจัยพิจารณาจากการตอบคำถามในแบบทดสอบทั้ง 2 ส่วนพร้อมกัน คือ ส่วนที่เป็นตัวเลือก และส่วนที่เป็นการเขียนอธิบายเหตุผล แล้วนำมาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งมีตัวอย่างในการพิจารณาคำตอบในแบบทดสอบข้อที่ 1 โดยแสดงรายละเอียดดังตาราง 3 ดังนี้

ตาราง 3 ตารางแสดงวิธีการวิเคราะห์คำตอบในแบบทดสอบข้อที่ 1

กลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	การพิจารณาคำตอบ	
	ตัวเลือก	การเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	b	แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำกับวัตถุทั้งสองเท่ากันเพราะวัตถุทั้งสองอยู่ในของเหลวชนิดเดียวกันและมีปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวเท่ากัน
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU)	b	แบบที่ 1 แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำกับวัตถุทั้งสองเท่ากันเพราะวัตถุทั้งสองอยู่ในของเหลวชนิดเดียวกัน แบบที่ 2 แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำกับวัตถุทั้งสองเท่ากันเพราะมีปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวเท่ากัน
กลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PUSM)	b	แบบที่ 1 แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำกับวัตถุทั้งสองเท่ากันเพราะวัตถุจมอยู่กันภาชนะทั้งคู่ มีแรงพยุ่งน้อยจึงไม่ลอย
กลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	การพิจารณาคำตอบ	
	ตัวเลือก	การเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ
กลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)	a	แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุ A มากกว่า B เพราะ แรงพยุ่งแปรผันตามความหนาแน่นของวัตถุ
	c	แรงพยุ่งที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุ A น้อยกว่า B เพราะ แรงพยุ่งแปรผกผันกับความหนาแน่นของวัตถุ
	d	ไม่มีแรงพยุ่งกระทำกับวัตถุทั้งสอง เพราะ วัตถุจมอยู่กันภาชนะทั้งคู่/วัตถุมีความหนาแน่นมากกว่าของเหลวจึงจมไม่ลอย
กลุ่มที่ไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)	a,c,d	-

2. จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการจัดกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ก่อนนำไปคำนวณหาค่าร้อยละของความถี่ของคำตอบในแต่ละกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

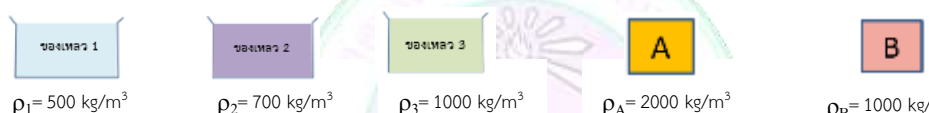
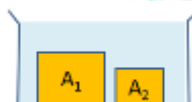
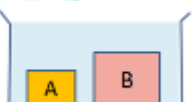
ผลการวิจัย

เมื่อนำแบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลว ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์ จำนวน 58 คนแล้วทำการวิเคราะห์ ผลการออกแบบแบบทดสอบที่ใช้วัดความเข้าใจของนักเรียน ผลการตอบแบบทดสอบในส่วนปรนัยเลือกตอบ ลักษณะคำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จำแนกตามประเด็น และจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จาก Haider และ Abraham โดยผลแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการออกแบบแบบทดสอบที่ใช้วัดความเข้าใจของนักเรียน

วัดความเข้าใจประเด็นที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับปริมาตรของวัตถุ

เป็นการวัดความเข้าใจในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับปริมาตรของวัตถุ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบข้อที่ 2 และ 3 แสดงดังภาพ 1

 $\rho_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ $\rho_2 = 700 \text{ kg/m}^3$ $\rho_3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ $\rho_A = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\rho_B = 1000 \text{ kg/m}^3$	
ข้อ 2 เมื่อนำวัตถุ A ที่มีปริมาตรแตกต่างกัน หย่อนลงไป ในของเหลวนิตที่ 1 	ข้อ 3 เมื่อนำวัตถุ A และวัตถุ B ซึ่งมีปริมาตรต่างกัน หย่อนลงไป ในของเหลวนิตที่ 1 
2.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ มากกว่า วัตถุ A₂ b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ เท่ากับ วัตถุ A₂ c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ น้อยกว่า วัตถุ A₂ d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง	3.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A มากกว่า วัตถุ B b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A เท่ากับ วัตถุ B c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A น้อยกว่า วัตถุ B d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง
2.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ 	3.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ

ภาพ 1 แบบทดสอบในประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ของขนาดแรงพยุงและปริมาตรของวัตถุ

ในแบบทดสอบข้อที่ 2 นักเรียนจะต้องอธิบายเกี่ยวกับแรงพยุงของวัตถุชนิดเดียวกัน 2 ชิ้นที่มีขนาดต่างกัน จมอยู่ในของเหลวนิตเดียวกัน ส่วนแบบทดสอบข้อที่ 3 จะเป็นข้อคำถามที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยการเปลี่ยนชนิดของวัตถุให้ต่างกัน

วัดความเข้าใจประเด็นที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของของเหลว

นักเรียนต้องอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงและความหนาแน่นของของเหลวได้ โดยแบบทดสอบทั้ง 2 ข้อที่นำมาวัดในประเด็นนี้ มีความซับซ้อนต่างกัน เพื่อทดสอบความเข้าใจอย่างถ่องแท้ของนักเรียนที่มีต่อประเด็นนี้ แสดงตัวอย่างของแบบทดสอบดังภาพ 2

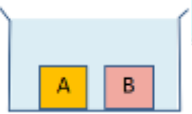
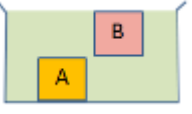
ข้อ 4 เมื่อนำวัตถุ A ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน ไปหย่อนในของเหลวต่างชนิดกัน 	ข้อ 5 วัตถุ A และวัตถุ B มีปริมาตรเท่ากัน จากนั้นนำวัตถุ A และ B ไปหย่อนในของเหลวต่างชนิดกัน 
4.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ มากกว่า วัตถุ A₂ b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ เท่ากับ วัตถุ A₂ c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A₁ น้อยกว่า วัตถุ A₂ d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง	5.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A มากกว่า วัตถุ B b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A เท่ากับ วัตถุ B c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A น้อยกว่า วัตถุ B d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง
4.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ 	5.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ

ภาพ 2 แบบทดสอบในประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ของขนาดแรงพยุงและความหนาแน่นของของเหลว

โดยในแบบทดสอบข้อที่ 4 นั้น จะเป็นข้อคำถามที่กำหนดให้วัตถุชนิดเดียวกันแต่อยู่ในของเหลวต่างชนิดกัน และเพิ่มความซับซ้อนโดยการเพิ่มความหนาแน่นของวัตถุที่ต่างกัน แต่อยู่ในของเหลวชนิดเดียวกัน ในแบบทดสอบข้อที่ 5

วัดความเข้าใจประเด็นที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของวัตถุ

วัดโดยใช้แบบทดสอบข้อที่ 1 และ 6 ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายความสัมพันธ์ของแรงพยุงกับความหนาแน่นของวัตถุผ่านข้อคำถามที่มีความยากง่ายต่างกัน แสดงตัวอย่างแบบทดสอบดังภาพ 3

ข้อ 1 เมื่อนำวัตถุ A และวัตถุ B ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน หย่อนลงในของเหลวชนิดที่ 1 	ข้อ 6 เมื่อนำวัตถุ A และวัตถุ B ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน ไปหย่อนในของเหลวชนิดที่ 3 
1.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A มากกว่า วัตถุ B b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A เท่ากับ วัตถุ B c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A น้อยกว่า วัตถุ B d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง	6.1 จากรูปขนาดของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร a. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A มากกว่า วัตถุ B b. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A เท่ากับ วัตถุ B c. แรงพยุงกระทำต่อวัตถุ A น้อยกว่า วัตถุ B d. ไม่มีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง
1.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ 	6.2 เหตุผลในการเลือกคำตอบเพราะ

ภาพ 3 แสดงข้อสอบในประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ของขนาดแรงพยุงและความหนาแน่นของวัตถุ

จากแบบทดสอบข้อที่ 1 จะเห็นว่ามีความซับซ้อนน้อยกว่า แบบทดสอบข้อที่ 6 ซึ่งได้มีการเพิ่มระดับของวัตถุในของเหลวเข้าไปเพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องความหนาแน่นของวัตถุได้จริง

2. ผลการตอบแบบทดสอบในส่วนปรนัยเลือกตอบ

จากแบบทดสอบเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพุงในของเหลว ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบและอธิบายเหตุผลของการเลือกตอบนั้น เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนปรนัยเลือกตอบ ผลการตอบของนักเรียนปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการตอบแบบทดสอบในส่วนปรนัยเลือกตอบ

ตัวเลือก/ข้อ	จำนวนนักเรียน 58 คน					
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6
a	16 (27.6)	27 (46.6)	19 (32.8)	35 (60.3)	27 (46.6)	18 (31.0)
b	10 (17.2)	11 (19.0)	3 (5.2)	2 (3.45)	4 (6.9)	5 (8.6)
c	11 (19.0)	9 (15.5)	21 (36.2)	12 (20.7)	18 (31.0)	34 (58.6)
d	21 (36.2)	11 (19.0)	15 (25.9)	9 (15.5)	9 (15.5)	1 (1.7)

จากตาราง 4 เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนปรนัยเลือกตอบ พบว่า ในข้อ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ ตอบตัวเลือก d คือไม่มีแรงพุงกระทำกับวัตถุทั้งสอง เช่นเดียวกันกับในข้อ 6 นักเรียนร้อยละ 58.6 เลือกตัวเลือก c ที่บอกว่า แรงพุงกระทำกับ A น้อยกว่า B ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนอาจจะกำลังสับสนในประเด็น ความหนาแน่นของของเหลวและความหนาแน่นของวัตถุ รวมไปถึงตำแหน่งของวัตถุในของเหลวที่ต่างกันด้วย ถัดมาในข้อ 2 นักเรียนกว่าร้อยละ 46.6 สามารถตอบได้ถูกต้องในตัวเลือก a ที่บอกว่าแรงพุงกระทำต่อวัตถุ A_1 มากกว่า A_2 เช่นเดียวกันกับในข้อ 3 ที่นักเรียนจำนวนมากสามารถตอบได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าในประเด็นเรื่องปริมาตรของวัตถุ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่ถูกต้องอยู่ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ต้องพิจารณาในส่วนอธิบายเหตุผลประกอบด้วย และสุดท้ายใน ข้อ 4 และข้อ 5 นักเรียนส่วนมากสามารถตอบได้ถูกต้องในกรณีที่ชนิดและปริมาตรของวัตถุเท่ากันแต่อยู่ในของเหลวชนิดต่างกัน จึงเลือกตอบในตัวเลือก a เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ทราบว่าเบื้องต้นนักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องความหนาแน่นของของเหลวอยู่บ้าง แต่เมื่อข้อสอบมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มความหนาแน่นของวัตถุเข้ามา ทำให้จำนวนนักเรียนที่เคยตอบถูกเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย แสดงดังตารางในข้อที่ 5 ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะนักเรียนยังมีความไม่มั่นใจในความเข้าใจของตัวเองเกี่ยวกับความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของของเหลวเกิดความไขว่เขวในการเลือกตอบ จึงไปเลือกตอบในตัวเลือกอื่นแทน

3. ลักษณะคำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจำแนกตามประเด็น

เมื่อนำคำตอบในส่วนปรนัยและคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบ มาพิจารณาลักษณะคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามประเด็น แสดงผลได้ดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพุงกับปริมาตรของวัตถุ

จากลักษณะคำตอบของนักเรียนที่อธิบายประกอบกับการเลือกตัวเลือกปรนัยแล้ว พบว่า ในกลุ่มนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็นเกี่ยวกับปริมาตรของวัตถุ ในแบบทดสอบข้อที่ 2 และข้อที่ 3 สามารถจำแนกคำตอบของนักเรียนได้เป็น 5 ลักษณะ ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ตารางลักษณะคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปริมาตร

	ลักษณะคำตอบของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	
		ข้อ 2 34 (100)	ข้อ 3 43 (100)
V1	ขนาดของแรงพุงแปรผกผันกับปริมาตรของวัตถุ	8 (23.5)	7 (16.3)
V2	ปริมาตรไม่มีผลต่อแรงพุง (ไม่คำนึงถึงปริมาตร)	11 (32.4)	5 (11.6)
V3	แรงพุงเท่ากันเพราะอยู่ในของเหลวชนิดเดียวกัน (ไม่คำนึงถึงปริมาตร)	4 (11.8)	-
V4	แรงพุงแปรผันกับความหนาแน่นของวัตถุ (ไม่คำนึงถึงปริมาตร)	-	19 (44.2)
V5	ไม่มีแรงพุงเพราะวัตถุจมอยู่ก้นภาชนะ	11 (32.4)	12 (27.9)

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปริมาตรของวัตถุอยู่ 5 ลักษณะ คือ ในแบบทดสอบข้อที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 32.4 อธิบายว่าปริมาตรไม่มีผลต่อแรงพุง (V2) และวัตถุนั้นไม่มีแรงพุงกระทำเนื่องจากวัตถุจมอยู่ก้นภาชนะ (V5) ในขณะที่ข้อ 3 เมื่อเพิ่มปัจจัยของความหนาแน่นของวัตถุเข้าไป ทำให้นักเรียนจำนวนมากว่าร้อยละ 44.2 เข้าใจว่าแรงพุงแปรผันกับความหนาแน่นของวัตถุแทน โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาตร (V4) ซึ่งตามหลักการแล้วแรงพุงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุ ขึ้นอยู่กับปริมาตรของวัตถุที่จมในของเหลวนั้น โดยไม่ขึ้นกับมวลและความหนาแน่นของวัตถุ (ฉัตรชัย หัสสร, 2557) ซึ่งให้นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปริมาตรอยู่เป็นจำนวนมากที่คิดว่าปัจจัยอื่นมีผลกับขนาดของแรงพุง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนได้ผ่านมาในปีก่อน การศึกษาเป็นแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องได้ ครูผู้สอนควรหารูปแบบวิธีการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ ดังเช่น ภัทรชา สุขสบาย (2557) ที่ได้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไปจัดการเรียนรู้เรื่องของไหลซึ่งสามารถทำให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี 5 มีความเข้าใจที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นได้

ประเด็นที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพุงกับความหนาแน่นของของเหลว

ในแบบทดสอบข้อที่ 4 และข้อที่ 5 สามารถจำแนกคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ออกมา 5 ลักษณะที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นของของเหลว ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ตารางลักษณะคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหนาแน่นของของเหลว

	ลักษณะคำตอบของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	
		ข้อ 4 24 (100)	ข้อ 5 46 (100)
L1	ความหนาแน่นของของเหลวไม่มีผลต่อขนาดของแรงพุง	5 (20.8)	4 (8.7)
L2	ขนาดของแรงพุงแปรผกผันกับความหนาแน่นของของเหลว	11 (45.8)	11 (23.9)
L3	ความหนาแน่นของวัตถุมีผลต่อขนาดแรงพุง	-	13 (28.3)
L4	ขนาดของแรงพุงแปรผกผันกับทั้งความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของของเหลว	-	9 (19.6)
L5	ไม่มีแรงพุงเพราะวัตถุจมอยู่ก้นภาชนะ	8 (33.3)	9 (19.6)

ในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นของของเหลวนี้ ข้อ 4 นักเรียนร้อยละ 45.8 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า วัตถุชนิดเดียวกัน แต่จมอยู่ในของเหลวต่างชนิดกัน ถ้าวัตถุจมอยู่ในของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่า จะส่งผลให้แรงพยุงกระทำต่อวัตถุนั้นน้อยกว่า หรือในทางกลับกัน วัตถุที่อยู่ในของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อย วัตถุนั้นจะมีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุนั้นมาก (L2) แต่เมื่อแบบทดสอบมีความซับซ้อนมากขึ้น ลักษณะคำตอบของนักเรียนมีการกระจายไปในทิศทางเดียวกัน คือ นักเรียนคิดว่าความหนาแน่นของวัตถุก็มีผลต่อขนาดของแรงพยุงในของเหลวเช่นกัน แสดงให้เห็นในลักษณะคำตอบในกลุ่ม L3 และ L4 ที่ปรากฏในแบบทดสอบข้อที่ 5 แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งตามทฤษฎีแล้วถ้าวัตถุชนิดเดียวกันจมอยู่ในของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกัน วัตถุที่จมในของเหลวที่มีความหนาแน่นมาก จะมีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุนั้นมากด้วยเช่นกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) จากลักษณะคำตอบของนักเรียนชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีความสับสนในเรื่องความหนาแน่นของวัตถุ และความหนาแน่นของของเหลวที่มีผลต่อแรงพยุง อยู่มาก ดังนั้นครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนแยกความแตกต่างของความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของของเหลวได้ ดังเช่น ฉัตรชัย หัสสร (2557) ที่ได้พัฒนาชุดคานทดสอบแรงพยุงในของเหลวประกอบกับใบกิจกรรมไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แล้วพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าชุดการทดสอบแรงพยุงในของเหลวช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่มากขึ้นได้

ประเด็นที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของวัตถุ

เมื่อพิจารณาปัจจัยเรื่องความหนาแน่นของวัตถุจากลักษณะคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบข้อที่ 1 และข้อที่ 6 แล้วนั้นสามารถจำแนกออกเป็น 5 ลักษณะ ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ตารางลักษณะคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหนาแน่นของวัตถุ

	ลักษณะคำตอบของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	
		ข้อ 1	ข้อ 6
		52 (100)	54 (100)
O1	ขนาดของแรงพยุงแปรผันตามกับความหนาแน่นของวัตถุ	16 (30.8)	16 (29.6)
O2	ขนาดของแรงพยุงแปรผกผันกับความหนาแน่นของวัตถุ	11 (21.2)	10 (18.5)
O3	ความหนาแน่นของวัตถุมีผลต่อขนาดแรงพยุง	-	-
O4	ขนาดของแรงพยุงแปรผันกับตำแหน่งการลอยของวัตถุในของเหลว	-	28 (51.9)
O5	ไม่มีแรงพยุงเพราะวัตถุจมอยู่ในภาชนะ	25 (48.1)	-

โดยในประเด็นที่ 3 นี้ นักเรียนจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงและความหนาแน่นของวัตถุ ซึ่งจากแบบทดสอบทั้งข้อ 1 และข้อ 6 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าความหนาแน่นของวัตถุมีผลต่อขนาดของแรงพยุงในของเหลว ไม่ว่าจะเป็นในแง่ที่ว่าถ้าวัตถุความหนาแน่นมาก แรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุนั้นก็จะมีความมากด้วย (O1) หรือ ถ้าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นของวัตถุน้อย แรงพยุงจะกระทำต่อวัตถุนั้นมาก (O2) ซึ่งโดยหลักการแล้วความหนาแน่นของวัตถุจะไม่มีผลต่อขนาดของแรงพยุง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) แต่ในประเด็นดังกล่าวกลับพบลักษณะคำตอบที่น่าสนใจคือ ในข้อ 4 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 48.1 เข้าใจว่าถ้าวัตถุจมอยู่ก้นภาชนะวัตถุนั้นจะไม่มีแรงพยุงมากระทำ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะคำตอบในข้อที่ 6 ที่นักเรียนร้อยละ 51.9 อธิบายว่าขนาดของแรงพยุงแปรผันตามตำแหน่งการลอยของวัตถุในของเหลว แสดงให้เห็นว่า นอกจากประเด็นเรื่องความหนาแน่นของวัตถุแล้วยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการลอยการจมของวัตถุอีกด้วย ส่วนหนึ่งอาจจะมาจากเนื้อหาเกี่ยวกับการลอย

จมของวัตถุที่พิจารณาจากความหนาแน่นของวัตถุเทียบกับความหนาแน่นของของเหลวจะจมในของเหลวตำแหน่งต่างกัน นักเรียนจึงนำความเข้าใจดังกล่าวมาพิจารณาเกี่ยวกับแรงพยุงในของเหลวด้วย จึงทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่เป็นจำนวนมากดังตารางที่ 6 ดังนั้นครูผู้สอนควรหาสื่อการสอน หรือ กิจกรรมที่แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงพยุงไม่ได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการลอยการจมของวัตถุในของเหลว ก็จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้

4. ผลการจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

จากการนำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างแล้วนั้น จึงนำลักษณะคำตอบของนักเรียนทั้งหมดไปวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จาก Haidar และ Abraham (Haidar & Abraham, 1997) ซึ่งแบ่งเป็น 5 กลุ่มตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 ตารางแสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในการเลือกตอบและการอธิบายเหตุผลประกอบ จำแนกตามเกณฑ์การจัดกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่	แบบทดสอบข้อที่	จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์				
		SU	PU	PUSM	SM	NU
1	2	24(41.38)	4(6.90)	2(3.45)	27(46.55)	1(1.72)
	3	15(25.86)	0(0)	9(15.52)	34(58.62)	0(0)
	รวม	39(33.62)	4(3.45)	11(9.48)	61(52.58)	1(0.86)
2	4	34(58.62)	0(0)	2(3.45)	22(37.93)	0(0)
	5	12(20.62)	0(0)	13(22.41)	32(55.17)	1(1.72)
	รวม	36(39.62)	0(0)	15(12.93)	54(46.55)	1(0.86)
3	1	6(10.34)	3(5.17)	1(1.72)	48(82.76)	0(0)
	6	4(6.90)	2(3.45)	2(3.45)	50(86.21)	0(0)
	รวม	10(8.62)	5(4.31)	3(2.58)	98(84.49)	0(0)

จากตาราง 8 เมื่อพิจารณาจากการจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่ประยุกต์จาก Haidar และ Abraham แล้วนั้น พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์ จำนวน 58 คน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้ง 3 ประเด็น โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของวัตถุ คิดเป็นร้อยละ 84.49 รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงและปริมาตรของวัตถุ คิดเป็นร้อยละ 52.58 และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุงกับความหนาแน่นของของเหลว คิดเป็นร้อยละ 46.55 ตามลำดับ จากนั้นนำผลการตอบคำถามของนักเรียนในแต่ละประเด็นมาอภิปรายผลโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของฉัตรชัย (2557) ที่ได้ทำการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับแรงพยุงในของเหลว กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพนัสพิทยาคม จำนวน 245 คน ดังนี้

ประเด็นที่ 1 จากการสำรวจความเข้าใจของนักเรียน มีเพียงร้อยละ 33.62 เท่านั้นที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) สามารถอธิบายได้ว่า ขนาดของแรงพยุ่งจะแปรผันตามปริมาตรส่วนที่จมในของเหลวของวัตถุ ในขณะที่จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) คิดเป็นร้อยละ 46.55 ในแบบทดสอบข้อที่ 3 เป็นคำถามที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนมีความลังเลไม่แน่ใจในคำตอบที่ตอบไปในข้อคำถามที่มีลักษณะคล้ายกัน เกิดความสับสนในคำตอบที่เขียน มีการอ้างอิงปัจจัยอื่นในคำตอบ เช่น ความหนาแน่นของวัตถุมีผลกับขนาดของแรงพยุ่งไม่เกี่ยวกับปริมาตรของวัตถุ เป็นต้น ซึ่งคำตอบลักษณะนี้มีมากถึงร้อยละ 58.62 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) จากความคลาดเคลื่อนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง กับงานวิจัยของฉัตรชัย ที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 19 จะเห็นว่ามีความต่างของจำนวนร้อยละของนักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีประสบการณ์เดิมที่ได้จากการเรียนรู้เรื่องแรงพยุ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน

ในประเด็นที่ 2 จากคำตอบของนักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 37.93 ที่แสดงให้เห็นถึงเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) นอกจากนี้เมื่อข้อคำถามในแต่ละแบบทดสอบมีความซับซ้อนมากขึ้น จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนก็มีจำนวนมากตามไปด้วย ดังเช่นแบบทดสอบข้อที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) คิดเป็นร้อยละ 55.17 ซึ่งมีนักเรียนเพียงร้อยละ 39.62 (SU) เท่านั้นที่สามารถอธิบายเหตุผลตามทฤษฎีได้ถูกต้อง แต่ที่น่าสนใจคือนักเรียนอีกกลุ่มที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนนั้น (PUSM) คิดเป็นร้อยละ 12.96 เมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 ประเด็น จะเห็นว่าในประเด็นที่ 2 นี้จะพบนักเรียนกลุ่มดังกล่าวมากที่สุด โดยการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มนี้จะเป็นในลักษณะที่แสดงถึงความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วนแต่ยังมีอีกส่วนที่ยังเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ เช่น ความหนาแน่นของของเหลวมีผลกับขนาดของแรงพยุ่ง และความหนาแน่นของวัตถุก็มีผลกับขนาดของแรงพยุ่งด้วยเช่นกัน จากลักษณะคำตอบของนักเรียนจะเห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มาก ซึ่งในงานวิจัยของฉัตรชัย หัสสร (2557) ก็เช่นกันที่กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็นความหนาแน่นของของเหลว คิดเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายและคำนวณเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและคงทนได้

และประเด็นสุดท้าย เป็นประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด ในประเด็นนี้พบนักเรียนกลุ่มที่ไม่มี ความเข้าใจ (NU) คิดเป็น ร้อยละ 0 ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนยังคงมีความเข้าใจอยู่บ้างในประเด็นดังกล่าว แตกต่างจากประเด็นที่ 1 และ 2 ที่พบนักเรียนกลุ่มที่ไม่มี ความเข้าใจ (NU) เพราะนักเรียนบางส่วนไม่อธิบายเหตุผล หรือให้เหตุผลแบบทวนคำถามแสดงถึงไม่มีความเข้าใจในประเด็นทั้ง 2 ประเด็น โดยในประเด็นที่ 3 นี้ นักเรียนจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงพยุ่งและความหนาแน่นของวัตถุ แต่กลับพบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 8.62 ที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) สามารถอธิบายได้ว่าความหนาแน่นของวัตถุไม่มีผลต่อขนาดของแรงพยุ่ง ในแบบทดสอบข้อที่ 1 นั้น นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) มากถึงร้อยละ 82.76 ซึ่งปรากฏลักษณะความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในลักษณะเดียวกันนี้ในแบบทดสอบข้อที่ 6 ซึ่งมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากถึงร้อยละ 86.21 เพราะข้อคำถามมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวโน้มของคำตอบเป็นไปในแนวทางเดียวกับนักเรียนอีก ร้อยละ 52 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยของฉัตรชัย ในขณะที่นักศึกษากลุ่มที่เรียนฟิสิกส์แบบใช้แคลคูลัสและกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไปในงานวิจัยของ (Wagner et al., 2010) กว่าร้อยละ 50 ไม่สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุที่มีความหนาแน่นต่างกันของเหลวได้ แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนจำนวนมากยังขาดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของวัตถุกับแรงพยุ่งในของเหลว

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากผลการสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างนั้น สาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอาจมาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้เป็นแบบการท่องจำ ขาดความเข้าใจในเนื้อหา นักเรียนไม่เคยเรียนรู้ผ่านการทดลองที่จับต้องได้ อย่างไรก็ตามความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ สามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักเรียนได้เข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัตถุ ความหนาแน่นของของเหลว ปริมาตรของวัตถุ กับขนาดของแรงพยุงชัดเจนขึ้น ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของสุระ วุฒิพรหม (2556) ได้ใช้รูปแบบการสอนแบบวิดีโอเทปและการทดลองแบบสาธิต เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในเรื่อง แรงพยุง แล้วพบว่ารูปแบบการสอนทั้ง 2 รูปแบบสามารถเพิ่มความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องแรงพยุงได้เหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่า เทคนิคการสอนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ช่วยทำให้แนวโน้มในการตอบคำถามนักเรียนไปในแนวทางที่ถูกต้องมากขึ้น หากเป็นการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาควรจัดการเรียนรู้เป็นแบบลงมือทำ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดังรายงานการวิจัยของ Suat unal (2008) ที่นำรูปแบบการสอนแบบลงมือปฏิบัติจริง (Hand on) ผ่านกิจกรรม 8 กิจกรรมเพื่อ แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเรื่องการลอยการจมของวัตถุกับแรงพยุง ผลปรากฏว่าคะแนนสอบ หลังจากทีนักเรียนได้เรียนรู้แบบลงมือทำนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็น 79.82 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 34.83 คะแนน และในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ Jelena & Josip (2012) ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการทดลองอย่างง่ายร่วมกับเทคนิค POE ในเรื่องของแรงพยุงและหลักของอาร์คิมิดีส พบว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่แสดงถึงความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นหลังจากร่วมกิจกรรมได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ชุดทดลองคานทดสอบแรงพยุงร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ 5 ขั้น ในงานวิจัยของฉัตรชัย (2557) ที่ให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ลงมือปฏิบัติผ่านชุดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเข้าใจเพิ่มขึ้นหลังจากการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะสามารถ แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและพัฒนาความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้เรียนได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. สามารถนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ ไปใช้เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับประเด็นแต่ละประเด็น ควรคำนึงถึงระดับชั้นของกลุ่มตัวอย่าง แผนการเรียนรู้ จะช่วยให้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยสามารถพัฒนาแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลว ให้มีประเด็นที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการลอย การจมของวัตถุในของเหลวแต่ละระดับกับขนาดของแรงพยุง เพื่อให้การวิเคราะห์ผลมีความครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างหลายๆกลุ่มที่มีความแตกต่างกันได้ เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงในของเหลว นักเรียนทุกคนได้ผ่านการเรียนมาแล้วในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
3. ผู้วิจัยสามารถนำผลการวิจัยเรื่องความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนต่อปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุงไปออกแบบเครื่องมือและกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย หัสตร. (2557). การพัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องแรงพยุงในของเหลว โดยการเรียนรู้แบบลงมือทำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- ไทยรัฐออนไลน์ (2558). *รำลึก 20 ปีโคกนาฏกรรมโป๊ะล่ม EP.1 น้ำตานองพรานนก 29 ชีวิตสังเวยความสะเพร่า*. เข้าถึงจาก <https://www.thairath.co.th/news/local/482310>.
- ปัทมาพร ณาน. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 16(1), 198-207.
- ภัทรชา สุขสบาย. (2557). ความสามารถในการนำความรู้เรื่องของไหลไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 30(3), 86-95.
- ภัสสร สอนพิมพ์พอ. (2557). การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชา ฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- วาสนา เพียรสุทธิ. (2557). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เรื่อง สิ่งแวดล้อมกับทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์วิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 6, 479-489.
- สุระ วุฒิพรหม. (2556). การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนระหว่างวิดีโอเทปกับการทดลองแบบสาธิตเพื่อพัฒนาแนวคิด วิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงลอยตัว. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 4(1), 8-16.
- สุภารัตน์ พุ่มนวล. (2561). *การพัฒนาความเข้าใจเรื่องการสะท้อนแสงบนกระจกราบโดยการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 4*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry Teachers' Conception of Conservation of Matter and Related Concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 181-197.
- Jelena Radovanovic, Josip Slisko. (2012). Approximate Value of Buoyant Force: A Water-Filled Balloon Demonstration. *The Physics Teacher*, 50, 428-429.
- Hewitt, Paul G. (2015). *Conceptual Physics*. 12th ed. United states of America: Courier Kendallville.
- Suat Unal .(2008). Changing Students 'Misconceptions of Floating and Sinking Using Hand-On Activities. *Journal of Baltic Science Education*, 7(3), 134-146.
- Wanner, DJ. , Cohen, S. and Moyer, A. (2010). Addressing Student Difficulties with Buoyancy. *The Physics Teacher*, 48(2), 338-341.