การประยุกต์ใช้ Arduino สำหรับปฏิบัติการราคาถูกเพื่อพัฒนาแนวคิดนักเรียนเรื่องความดันและแรงลอยตัว

โชคชัย แจวิจารณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ADAPTING ARDUINO FOR LOW-COST LABORATORY FOR DEVELOPING STUDENTS' CONCEPTION ON PRESSURE AND BUOYANT FORCE

CHOKCHAI JAEWIJARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2020

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การประยุกต์ใช้ Arduino สำหรับปฏิบัติการราคาถูกเพื่อพัฒนาแนวคิดนักเรียนเรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผู้วิจัย นายโชคชัย แจวิจารณ์

คณะกรรมการสอบ

ดร.ธนิดา สุจริตธรรม	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

……..……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม)

…….....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

…….....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับการประสิทธิ์ประสาทวิชาจากคณาจารย์ทุกท่าน ได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ปรับปรุงและแก้ไขวิทยานิพนธ์เสมอมาจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช และรองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร ผู้ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ดร.ธนิดา สุจริตธรรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับการศึกษาและการวิจัยให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คุณครูศักดิ์ชัย ราชนิยม คุณครูพสงค์ แรงสิงห์ คุณครูขันติ เทิดธัญญา คุณครูธวัช แพรกทอง และทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา และขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือรวมถึงอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิจัย ตลอดจนนักเรียนโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ได้ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาบิดา มารดา ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลาย จงดลบันดาลให้ทุกท่านมีแต่ความสุขความเจริญตลอดไป

โชคชัย แจวิจารณ์
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การประยุกต์ใช้ Arduino สำหรับปฏิบัติการราคาถูกเพื่อพัฒนาแนวคิดนักเรียน เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผู้วิจัย : โชคชัย แจวิจารณ์

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม

คำสำคัญ : ความดันและแรงลอยตัว, Arduino, มาโนมิเตอร์, การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วยบอร์ด Arduino ที่สามารถวัดค่าความดันได้ถูกต้อง แม่นยำและมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ร้อยละ 5 (2) ออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว (3) ศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว และ (4) เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วยบอร์ด Arduino (2) กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว (3) แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว (4) แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน (COPUS) และ (5) แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด ที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.21 กิจกรรมการสอนที่สร้างขึ้นได้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวเมื่อใช้กิจกรรมการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายชั้นเรียน normalized gain <g> เท่ากับ 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (High gain) และพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนและครูผู้สอนตลอดการจัดการเรียนรู้มีลักษณะแบบเชิงรุก

ABSTRACT

TITLE : ADAPTING ARDUINO FOR LOW-COST LABORATORY FOR DEVELOPING STUDENTS' CONCEPTION ON PRESSURE AND BUOYANT FORCE
AUTHOR : CHOKCHAI JAEWIJARN
DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : ASST. PROF. SURA WUTTIPROM, Ph.D
KEYWORDS : PRESSURE, BUOYANCY, ARDUINO, MANOMETER, INQUIRY

The objective of this research is to (1) create a digital manometer with Arduino boards that can measure pressure values accurately with an error rate of less than 5 percent, (2) design scientific inquiry activities, (3) study students' understanding of science concepts after applying scientific inquiry teaching activities and (4) observe and study student behavior within the classroom when employing scientific inquiry activities on pressure and buoyancy. The sample group consisted 30 grade 11 students. This research employed a mixed methods research. The research tools consisted of (1) an Arduino manometer, (2) scientific inquiry activities, (3) a science conceptual test of pressure and buoyancy, (4) the Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS) and (5) a lesson plan. The results showed that: 1) the developed digital manometers with Arduino boards had an error rate of 2.21%, 2) the designed teaching activities encouraged students to enhance their own knowledge, 3) the students had a statistically higher understanding of scientific concepts when using science-based teaching activities at the level of .05 and the average progress of the students by classrooms measured by the normalized gain <g> was 0.71, categorized at a high level (high gain) and (4) the behavior of the students and teachers demonstrated active learning behavior.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	4
1.3 คำถามวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ความสำคัญและประโยชน์ของงานวิจัย	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21	8
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับชุดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของเหลว	13
2.3 แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงลอยตัว	16
2.4 มาโนมิเตอร์	21
2.5 Arduino สำหรับอุปกรณ์วัดทางฟิสิกส์	22
2.6 แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS	25
2.7 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain (<g>))	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนงานวิจัย	32
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	33
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	34
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34
3.5 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 46
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 46
3.8 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 47

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด 50
4.2 ผลการออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัว 51
4.3 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว 53
4.4 ผลการศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอน แบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว 59

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 70
5.2 ข้อเสนอแนะ 72

เอกสารอ้างอิง **74**

ภาคผนวก

ก แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว 80
ข ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 87
ค แผนการจัดการเรียนรู้ 100
ง ภาพผลงานนักเรียนและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 110

ประวัติผู้วิจัย **113**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนที่ปรับปรุงมาจาก National Research Council ปี 2000	10
2.2	ระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	11
2.3	รหัส (Code) และคำอธิบายของแบบสังเกต COPUS ของนักเรียน	26
2.4	รหัส(Code) และคำอธิบายของแบบสังเกต COPUS ของครูผู้สอน	27
2.5	ระดับของค่า Normalized Gain	30
3.1	ค่าความหนาแน่นของของเหลวที่วัดได้เปรียบเทียบกับความหนาแน่นจริง	39
3.2	การปรับปรุงใบกิจกรรม	42
3.3	การปรับปรุงแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว	45
4.1	ผลของระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์74	51
4.2	การเปรียบเทียบแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว	53
4.3	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้นโดยใช้วิธี average normalized gain, <g>	54
4.4	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายข้อ	56
4.5	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดตามแต่ละหัวข้อ	57
4.6	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดเฉลี่ยตามแต่ละหัวข้อ	58
4.7	จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว	59
4.8	จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว	63
4.9	จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว	66

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	มาโนมิเตอร์แบบหลอดตัว U ในห้องเรียน	2
1.2	Arduino UNO	3
2.1	อุปกรณ์ทดลองกฎฟาราเดย์อย่างง่าย	13
2.2	อุปกรณ์หาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดัน	14
2.3	ชุดทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดันด้วย data logger-sensor	15
2.4	การทดลองหาความดันในของเหลวด้วยสมาร์ทโฟน	15
2.5	การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและแรงลอยตัว	16
2.6	วัตถุมีปริมาตรเท่ากันแต่จมในน้ำต่างกัน	17
2.7	วัตถุมีปริมาตรเท่ากันและมีปริมาตรส่วนที่จมในน้ำเท่ากันแต่ลึกต่างกัน	17
2.8	วัตถุ A, B และ C ที่ลอยนิ่งอย่างอิสระอยู่ในน้ำ	18
2.9	การทดลองหาแรงลอยตัวด้วยการใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	18
2.10	ชุดการสาธิตเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย	19
2.11	ชุดการทดลองเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลและเครื่องชั่งสปริง	20
2.12	ชุดทดลองแรงลอยตัวโดยใช้ Arduino ต่อเข้ากับโหลดเซลล์	20
2.13	มาโนมิเตอร์แบบตัว U	21
2.14	ส่วนประกอบบอร์ด Arduino nano	22
2.15	ชุดทดลองการผสมแสงสีอย่างง่าย	24
2.16	ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนบนรางลมร่วมกับบอร์ด Arduino และโปรแกรม LabVIEW	24
2.17	ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	25
2.18	แบบสังเกตพฤติกรรม (COPUS)	27
3.1	แบบแผนงานวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)	33
3.2	ชุดคำสั่ง Arduino ควบคุมการทำงานของเครื่องมาโนมิเตอร์	35
3.3	มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด	37
3.4	ตัวอย่างวิดีโอการใช้งานมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด	37
3.5	การทดลองหาความหนาแน่นของของเหลวโดยมาโนมิเตอร์แบบ Arduino	38
3.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดันเกจ	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.7	ลำดับขั้นตอนในการสร้างและกิจกรรมการสอน	40
3.8	ลำดับขั้นในการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพแบบทดสอบ	44
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %pretest กับ %<gain> ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัว	55
4.2	ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนในหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว	61
4.3	ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนในหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว	62
4.4	ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนในหัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว	64
4.5	ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนในหัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว	65
4.6	ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว	67
4.7	ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว	68

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา

ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ เช่นการเกิดฟ้าร้องฟ้าผ่า การเกิดแสง การเกิดคลื่น การลอยหรือการจมของวัตถุในของเหลว เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวทั้งสิ้น การที่จะให้นักเรียนเห็นถึงคุณค่าของวิชาฟิสิกส์ได้นั้น ครูผู้สอนต้องแสดงให้นักเรียนรู้ว่า ฟิสิกส์เป็นเรื่องอยู่ใกล้ตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ ฟิสิกส์ที่เรียนนี้ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นในชีวิตของนักเรียนได้ (ภัทรชา สุขสบาย และคณะ, 2558) ฟิสิกส์เป็นองค์ความรู้สำคัญสำหรับพัฒนาแรงงานให้มีความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการแข่งขันในยุคสังคมฐานความรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะฟิสิกส์ในประเทศไทยจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเพิ่มแรงงานไทยที่มีศักยภาพในการร่วมขับเคลื่อนและสอดรับกับโมเดลเศรษฐกิจ Thailand 4.0 ที่เน้นการขับเคลื่อนประเทศด้วยนวัตกรรม เทคโนโลยี และความคิดสร้างสรรค์ เป้าหมายของการศึกษาฟิสิกส์นอกจากจะเน้นทางด้านความรู้แล้ว การเรียนฟิสิกส์ยังรวมไปถึงการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ให้เข้ากับสถานการณ์จริงในโลกปัจจุบัน (Arion et al., 2000) ถึงแม้ว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันรอบๆตัวเรา แต่เมื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนยังพบนักเรียนยังมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่ (misconceptions) ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมามีการวิจัยมากมายในเรื่องความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (students'misconceptions) ซึ่งการวิจัยนี้มีประโยชน์ในการนำมาออกแบบวิธีการจัดเรียนการสอนและการพัฒนาหลักสูตรเพื่อเพิ่มความเข้าที่ถูกต้องให้แก่นักเรียน (Fotou et al., 2016) การที่นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นก่อนเรียน หรือในระหว่างการเรียนรู้ได้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ครูผู้สอนควรลดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลงโดยหากลวิธีแบบต่างๆที่เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง

การจัดการเรียนการสอน ในศตวรรษที่ 21 เป็นหลักสูตรที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกิจกรรมที่หลากหลายและเหมาะสมตามศักยภาพผู้เรียน จัดกิจกรรมต่างๆ ที่พัฒนากระบวนการคิด การฝึกทักษะด้านต่างๆ ตลอดจนฝึกการทำงานเป็นทีม มีทักษะการสื่อสารและร่วมมือ มีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาด้วยตัวเอง โดยครูทำหน้าที่

ให้การปรึกษาและคอยให้คำแนะนำ (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หมายถึง วิธีการที่หลากหลาย ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติของโลก และนำเสนอคำอธิบายตามหลักฐานที่ได้จากการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ยังหมายถึงกิจกรรมของนักเรียน ที่พวกเขาศึกษา พัฒนาความรู้จนเกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติของโลก (National Research Council, 2000)

อุปกรณ์วัดความดันห้องเรียนปฏิบัติการทั่วไป จะทำมาจากหลอดแก้วรูปตัว U หรือสายยางใส นำมาโค้งให้คล้ายกับตัว U จากนั้นบรรจุน้ำผสมสีลงไปในหลอด และข้างหลอดจะมีสเกลบอกระดับความสูงของของน้ำ ในตอนแรกระดับน้ำในหลอดทั้งสองข้างจะเท่ากัน แต่เมื่อนำปลายสายยางที่ต่อกับหลอดตัว U ด้านหนึ่ง ไปจุ่มลงในของเหลวอันอื่น ส่งผลให้ระดับของเหลวในหลอดไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากความดันภายในหลอดตัว U เปลี่ยนแปลง ซึ่งผู้วัดสามารถวัดและอ่านความดันจากเครื่องมือได้เลยหรือต้องบันทึกค่าความสูงของระดับน้ำที่แตกต่างกัน แล้วนำไปคำนวณหาความดันอีกครั้งหนึ่ง ดังภาพที่ 1.1 ซึ่งอุปกรณ์วัดความดันโดยใช้หลอดแก้วรูปตัว U นี้ ได้ถูกคิดค้นโดย Christian Huygens นักฟิสิกส์และนักดาราศาสตร์ชาวดัตช์ ในปี ค.ศ. 1661 ซึ่งดัดแปลงจากบารอมิเตอร์ของ Torricelli เพื่อหาค่าความแตกต่างของแรงดันแก๊ส โดยเรียกว่า มาโนมิเตอร์ U shape (Daood et al., 2007) แม้ว่ามาโนมิเตอร์แบบหลอดตัว U นี้จะผลิตและใช้งานไม่ยาก โดยอ่านค่าความดันตามระดับความสูงของของเหลวที่เพิ่มขึ้น แต่มาโนมิเตอร์บางรุ่นยังต้องนำความสูงของของเหลวที่แตกต่างกันในสองฝั่งไปคำนวณเพื่อหาความดัน เช่น มาโนมิเตอร์ที่ไม่ได้มีสเกลบอกระดับความดันไว้ ซึ่งมีโอกาสส่งผลให้ค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้อง แม่นยำ ผิดพลาดได้ง่าย รวมทั้งค่าที่วัดได้ไม่แสดงผลเป็นตัวเลขดิจิตอลที่สะดวกต่อการใช้งานที่ต้องการผลอย่างรวดเร็ว

ภาพที่ 1.1 มาโนมิเตอร์แบบหลอดตัว U ในห้องเรียน

การสอนฟิสิกส์ในปัจจุบันได้มีการนำ Arduino ซึ่งเป็นอุปกรณ์ microcontroller เข้ามาใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลองทางฟิสิกส์ ดังภาพที่ 1.2 เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับหัววัดทางฟิสิกส์

ได้หลายอย่าง เช่นการใช้กับหัววัด ultrasonic distance sensor เพื่อวัดการเคลื่อนที่แบบซิมเปิ้ล ฮาร์โมนิก (Galeriu et al., 2014) การใช้กับหัววัด magnetometer แบบสามแกน เพื่อหาความแข็งแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็ก (McCaughey, 2017) การใช้กับหัววัดเสียงและหัววัดอุณหภูมิเพื่อหาความเร็วของเสียงเป็นฟังก์ชั่นต่ออุณหภูมิ (Hahn et al., 2019) การใช้กับหัววัดความต่างศักย์ เพื่อศึกษา the charging or discharging ของตัวเก็บประจุในวงจร RC (Galeriu et al., 2015) อีกทั้งยังสามารถต่อกับหัววัดอื่นๆได้อีก เช่น หัววัดแสง เสียง ความดัน เป็นต้น Arduino เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานที่ไม่ยาก ราคาถูก เก็บข้อมูลได้ละเอียด แม่นยำ และมีการแสดงผลแบบ real time ซึ่งการนำ Arduino มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการร่วมกับกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นและลด misconception ลง เนื่องจากผู้เรียนได้ผ่านการสืบค้นลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นและสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Kinchin, 2018)

ภาพที่ 1.2 Arduino UNO

ที่มา: Arduino (2020)

จากการศึกษาความเข้าใจเรื่องความดันในของเหลว พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เช่น เมื่อมีท่อบรรจุน้ำ 2 ขนาด ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ นักเรียนคิดว่าที่ความลึกเท่ากันความดันในท่อขนาดใหญ่จะมีมากกว่าท่อขนาดเล็ก เพราะมีน้ำหนักของน้ำมากกว่า บางคนอธิบายว่าเพราะท่อขนาดใหญ่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าท่อขนาดเล็กจึงมีความดันมากกว่า ซึ่งจริงๆแล้วที่ความลึกเดียวกันความดันต้องมีขนาดเท่ากัน (Saputra et al., 2019) อีกทั้งนักเรียนก็ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุที่จมลงไปในของเหลวทั้งก้อนว่า เมื่อวัตถุยิ่งจมลึกลงไปแรงลอยตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแท้ที่จริงแล้วแรงลอยตัวต้องมีค่าเท่าเดิมไม่ขึ้นกับความลึก และนักเรียนคิดว่าเมื่อมีวัตถุมวลเท่ากันแต่มีขนาดต่างกันลอยอยู่ในน้ำเหมือนกัน วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะมีแรงลอยตัวมากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็กซึ่งจริงๆแล้วแรงลอยตัวต้องมีขนาดเท่ากัน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้อาจเป็น

ความเข้าใจที่ติดตัวผู้เรียนมาก่อนเข้าห้องเรียนฟิสิกส์หรืออาจเกิดขึ้นระหว่างเรียน วิธีการที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้แก่ ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาคำตอบของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยผ่านการทดลองด้วยตนเองทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็ก มีการอภิปรายผลกันภายในกลุ่ม จนเกิดความรู้และมี conception change ที่ถูกต้อง (Meyers, 2007) นอกจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนแล้วปัญหาที่มักจะพบในห้องเรียนคือนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละเรื่องเข้าด้วยกันได้เช่นความดันและแรงลอยตัวดังนั้นผู้สอนควรสร้างอุปกรณ์และออกแบบการสอนที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องและคงทนต่อไป

จากความสำคัญและสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดเพื่อให้สามารถวัดค่าความดันในของเหลวที่ความลึกต่างๆ รวมทั้งสามารถชั่งน้ำหนักไปด้วยพร้อมกัน แสดงผลเป็นค่าดิจิตอลซึ่งอ่านค่าได้ง่าย ถูกต้อง แม่นยำ จากนั้นจึงสร้างกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและเสริมสร้างให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ จากการฝึกปฏิบัติการทดลองแก้ปัญหาด้วยตัวกระบวนการกลุ่ม ทำให้มีความสนุกสนานในการทำกิจกรรม ทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด ที่สามารถวัดค่าความดันได้ถูกต้องแม่นยำ และมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5

1.2.2 เพื่อออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดัน และแรงลอยตัว

1.2.3 เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน เมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

1.2.4 เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัว

1.3 คำถามวิจัย

1.3.1 มาโนมิเตอร์แบบใหม่ด้วย Arduino ที่สร้างขึ้นและกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัวมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 หรือไม่

1.3.2 นักเรียนมีความเข้าใจเรื่องความดันและแรงลอยตัวเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร

1.3.3 พฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวมีลักษณะอย่างไร

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 200 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เนื่องจากมีการจัดการเรียนการสอนในวันเสาร์

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดและสอนโดยใช้กิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของมาโนมิเตอร์และกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจทางการเรียนเรื่องความดันและแรงลอยตัว พฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

1.4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ กำหนดการดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาทั้งหมด 8 ชั่วโมง

1.5 ความสำคัญและประโยชน์ของงานวิจัย

1.5.1 เป็นแนวทางในการสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino ที่มีประสิทธิภาพ สามารถวัดค่าได้ ถูกต้อง แม่นยำ

1.5.2 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว และสามารถนำไปประยุกต์จัดกิจกรรมการสอนในเรื่องอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 เป็นแนวทางศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเรื่องความดันและแรงลอยตัวสูงขึ้นเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้

1.5.4 เป็นแนวทางในการศึกษาพฤติกรรมของครูและนักเรียนภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว มีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้เหมาะสำหรับการศึกษาในศตวรรษที่ 21และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด หมายถึง มาโนมิเตอร์ ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้ Arduino ซึ่งเป็นอุปกรณ์ microcontroller ที่ต่อหัววัดความดันอากาศและเขียนโปรแกรมคำสั่งให้สามารถวัดค่าความดันได้โดยตรง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ค่าความดันจะแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD ได้ทันที นอกจากการวัดความดันแล้ว มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดนี้ยังสามารถชั่งน้ำหนักของวัตถุได้ด้วยโดยต่อกับ Load cells ซึ่งแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD เช่นเดียวกัน

1.6.2 กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว หมายถึง กิจกรรมการสอนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้น โดยนำมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดที่สร้างขึ้นมาใช้เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความดันและแรงลอยตัวด้วยกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) โดยแบ่งกิจกรรมทั้งหมดออกเป็น 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมเรื่องความดันในของเหลว มี 4 กิจกรรมย่อย และกิจกรรมเรื่องแรงลอยตัวมี 6 กิจกรรมย่อย ดังนี้

(1) ความดันในของเหลว

กิจกรรมที่ 1 ปริมาตรของเหลวต่างกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 2 ความลึกมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร

กิจกรรมที่ 3 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกัน จะมีความดันต่างกันหรือไม่

(2) แรงลอยตัว

กิจกรรมที่ 1 เมื่อหย่อนถุงชาลงในถ้วยชา น้ำหนักถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

กิจกรรมที่ 2 เมื่อปริมาตรวัตถุค่อยๆ จมลงในน้ำแรงลอยตัวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

กิจกรรมที่ 3 เมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำแรงลอยตัวจะเป็นอย่างไร

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 5 วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 6 วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

1.6.3 พฤติกรรมของครูผู้สอนและนักเรียน เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรม The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS) ซึ่งมีผู้สังเกตชั้นเรียน 2 คน โดยคาบของการสังเกตแบ่งเป็นช่วง 2 นาที ประกอบด้วย 25 รหัสในการสังเกต แบ่งเป็นรหัสในการสังเกตครู 12 รหัส รหัสในการสังเกตนักเรียน 13 รหัส (Smith et al., 2013)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัย ได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎี วิธีการต่าง ๆ ตลอดจน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด แล้วนำไปใช้ร่วมกับกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของเหลว

2.3 แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงลอยตัว

2.4 มาโนมิเตอร์

2.5 Arduino สำหรับอุปกรณ์วัดทางฟิสิกส์

2.6 แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS

2.7 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain ; <g>)

2.1 การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้เน้นการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะ (inquiry) เกิดการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา มีการสื่อสารระหว่างกันของผู้เรียนและผู้สอน (Toplis, 2010) การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้เน้นให้ผู้เรียนและผู้สอนเรียนรู้เพื่อก้าวไปสู่อนาคตสมัยใหม่เนื่องจากมีการมีการพัฒนาของเทคโนโลยีแบบก้าวกระโดด มีการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนในโลกปัจจุบันต้องมีความรู้มีทักษะในหลายด้านเช่น ทักษะการเรียนรู้และการสร้างนวัตกรรม สามารถแก้ปัญหาและมีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะการใช้เทคโนโลยี สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวเองและสังคม มีวิจารณญาณในการรับข้อมูลข่าวสารมีทักษะชีวิต สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ง่าย มีความรับผิดชอบ ทำงานเป็นทีม การจัดการเรียนรู้ในยุคศตวรรษที่ 21 จึงต้องปรับสิ่งแวดล้อม ในการเรียนรู้ มีการวางแผนและออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จัดหาสื่อ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2557) การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) คือกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำ

ด้วยตนเอง เน้นการสำรวจ สืบเสาะ แก้ปัญหาโดยที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในในการทำกิจกรรมมากกว่าการนั่งฟังเพียงอย่างเดียว การจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะหลายด้านไปพร้อมๆกัน รวมทั้งมีการคิดขั้นสูง เช่นการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การมีความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีโอกาสแสดงทัศนคติของตนเอง (Bonwell, 1991) วิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนที่เป็นการจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) กิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริง (Hands-On Learning Activities) และการสอน ทำนาย สังเกต และอธิบาย (Predict Observe Explain: POE)

2.1.1 การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่ค้นหาความจริงของนักวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติแบบหนึ่งโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ซึ่งการสืบเสาะทางวิทยาศาตร์จะมีวิวัฒนาการเรื่อยๆตามยุคสมัย การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงจากยุคก่อนๆ มาก เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ยังเน้น เรื่องของ ขนบ ธรรมเนียม กฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับศีลธรรม และจริยธรรม จนถึงความเกี่ยวข้องในเชิงกฎหมาย นักวิทยาศาสตร์ที่จะทำการทดลองใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคนและสัตว์ต้องผ่านการอนุญาตในการดำเนินการ (สุทธิดา จำรัส, 2560)

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้ในห้องเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รับการเรียนการสอนโดยวิธีการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยกระบวนการที่คล้ายคลึงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการสืบเสาะหาทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจึงหมายถึง การที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการคิดที่หลากหลายคล้ายกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเรื่องต่างๆ เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ทางกายภาพในธรรมชาติ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนที่ปรับปรุงมาจาก National Research Council ปี 2000 (กุศลิน มุสิกุล, 2557)

การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน
1. สังเกต	1. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา
2. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา	2. กำหนดปัญหา
3. กำหนดปัญหาจากความรู้พื้นฐาน	3. ตั้งสมมติฐาน
4. รวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและ/หรือคณิตศาสตร์	4. วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบอย่างง่าย
5. ค้นหาข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา	5. รวบรวมข้อมูลจากการสังเกต
6. อธิบายสิ่งที่ศึกษา	6. อธิบายสิ่งที่ศึกษาจากข้อมูลหรือหลักฐาน
7. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	7. พิจารณาคำอธิบายอื่นๆ
8. พิจารณาข้อมูลใหม่	8. สื่อสารสิ่งที่ศึกษา
9. อธิบายเพิ่มเติมสิ่งที่ศึกษา	9. ตรวจสอบคำอธิบาย
10. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2000) มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้เรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้พวกเขาพัฒนาและอธิบายคำถามเชิงวิทยาศาสตร์นั้น

ขั้นที่ 3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ เพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้าง โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง

การจัดกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน ความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน ความพร้อม

ของสื่อการสอน ความพร้อมของห้องเรียนและบริบทอื่นๆ การจัดการเรียนการสอนสามารถยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสมโดยระดับการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบาย ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญ	ระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์			
1. ผู้เรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนเป็นตั้งคำถาม	ผู้เรียนเลือกคำถามและตั้งคำถามใหม่	ผู้เรียนชี้แจงหรือปรับคำถามจากผู้สอนหรือจากแหล่งอื่นที่กำหนด	ผู้เรียนสนใจคำถามจากผู้สอนหรือจากแหล่งอื่นที่กำหนด
2.ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล	ผู้เรียนกำหนดได้ว่าอะไรคือหลักฐานที่จำเป็นในการตอบคำถามและทำการรวบรวมข้อมูล	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะแนวทางในการเก็บข้อมูล	ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	ผู้เรียนได้รับข้อมูลพร้อมทั้งบอกวิธีการวิเคราะห์
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ	ผู้เรียนสร้างคำอธิบายหลังจากสรุปข้อมูลที่ได้จากหลักฐานทั้งหมด	ผู้เรียนได้รับการชี้นำในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนได้รีบแนวทางที่เป็นไปได้ในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับหลักฐานและวิธีการเพื่อสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้างโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนมีอิสระในการตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างไว้กับแหล่งข้อมูลอื่น	ผู้เรียนได้รับการชี้นำแหล่งในการตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างไว้	ผู้เรียนได้รับการเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างไว้จากผู้สอน	-
5. ผู้เรียนนำเสนอสื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง	ผู้เรียนสร้างเหตุผลที่เป็นไปได้และมีตรรกะในการโต้แย้งอธิบายเหตุผล	ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในการนำเสนอ	ผู้เรียนได้รับคำแนะนำกว้างๆในการนำเสนอ	ผู้เรียนได้รับคำแนะนำขั้นตอนและวิธีการในการนำเสนอ
ผู้เรียน	**มาก** ⟵ **ปริมาณการเรียนรู้** ⟶ **น้อย**			
ผู้สอน	**น้อย** ⟵ **ปริมาณการชี้นำ** ⟶ **มาก**			

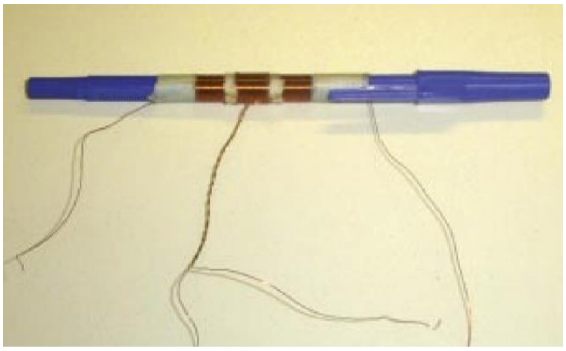
2.1.2 การนำการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในห้องเรียน

การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนเกรด 9-12 มีการสาธิต (Demonstrations) เพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนสืบเสาะปรากฏการณ์เพื่อหาความรู้และข้อสรุปจากหลักฐาน เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง พบว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นกลยุทธ์หนึ่งของการเรียนการสอน สำหรับการเรียนรู้ในปรากฏการณ์และแนวคิดทางฟิสิกส์ อีกทั้งยังสะท้อนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Campbell T, 2012). การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังได้ถูกนำไปใช้ในห้องเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่องวัฏจักรเครบส์ในการสลายสารอาหารระดับเซลล์ด้วยการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า สามารถทำให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจแนวคิด (concept) ที่ถูกต้อง ในเรื่องที่เรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก (1) นักเรียนได้จดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ (2) นักเรียนมีการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถามนั้น โดยต้องผ่าน กระบวนการคิดวิเคราะห์ที่มีเหตุผล ไม่ใช่เพียงการฟังการบรรยายของครูหรือการอ่านใบความรู้ (3) นักเรียนถูกเน้นย้ำให้สร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยานที่ค้นพบและนำไปเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอยู่แล้ว ทำให้นักเรียนได้ทราบว่าปัญหาที่ตนสงสัย ได้รับการตอบแล้วหรือยัง มีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร (4) ในขั้นการประเมินผลมีการส่งเสริมให้มีการนำเสนอ ซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ให้นักเรียนแสดงเหตุผลโต้แย้ง ทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (สุภาพร พรไตร, 2559)

2.1.3 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริง (Hands-On Learning Activities)

กิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริง เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือทำจริง แทนที่จะฟังเพียงแค่ครูหรือผู้สอนบรรยายเพียงอย่างเดียว แต่เป็นลักษณะที่มีการกำหนดหัวข้อแล้วผู้เรียนเข้าไปมีร่วมเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานบางสิ่งขึ้นมา กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ควบคู่กับทักษะกระบวนการทางวิทยศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมี เจตคติที่ดีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงอีกด้วย (ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ, 2554) กิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงได้นำมาใช้ในการสอนฟิสิกส์เช่น การนำมาใช้ในการสอนเรื่องกฎของฟาราเดย์ โดยให้นักเรียนสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย สามารถสร้างขึ้นในเวลาอันสั้น โดยการพันขดลวดทองแดงสองเส้นบนปากกาพลาสติกนักเรียนจะแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 3 คนจากนั้นให้แต่ละกลุ่มสร้างหม้อแปลงโดยนำลวดทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 ไมโครเมตรมาพันรอบปากกาประมาณ 150 รอบ โดยให้มีขนาดความยาวขดลวดประมาณ 4 ซม. ซึ่งขดลวดนี้คือขดลวดปฐมภูมิ จากนั้นสร้างขดลวดทุติยภูมิโดยพันลวดทองแดงประมาณ 40–60 รอบและมีความยาวประมาณ 2 ซม.โดยพันซ้อนทับบริเวณตรงกลางของขดลวดอันที่ 1 และต้องมีฉนวนกั้นระหว่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.1 การสร้าง

อุปกรณ์ชิ้นนี้ใช้เวลาที่น้อยกว่า 20 นาที เมื่ออาศัยความร่วมมือของนักเรียนภายในกลุ่ม ลำดับกิจกรรมต่อไป ครูได้ให้นักเรียนทดลองปล่อยสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิและวัดสัญญาณไฟฟ้าที่ผ่านมายังขดลวดทุติยภูมิโดยใช้ออสซิลโลสโคป ซึ่งนำไปสู่การอธิบาย อภิปรายร่วมกันในหลักการของฟาราเดย์ (Rodriguez, 2005)



ภาพที่ 2.1 อุปกรณ์ทดลองกฎฟาราเดย์อย่างง่าย
ที่มา: Rodriguez (2005)

2.1.4 การสอน ทำนาย สังเกต และอธิบาย (Predict Observe Explain : POE)

การสอน ทำนาย สังเกต และอธิบาย (Predict Observe Explain : POE) เป็นการตรวจสอบความความเข้าใจของผู้เรียน โดยกำหนดให้ผู้เรียนทำภารกิจสามอย่าง ขั้นที่ 1 ผู้เรียนจะต้องทำนายผลลัพธ์ของเหตุการณ์บางอย่างที่เป็นข้อสงสัยก่อนการทดสอบ ขั้นที่ 2 ให้ผู้เรียนสังเกตการพิสูจน์คำทำนายของพวกเขาว่าถูกต้องหรือไม่ จากนั้นขั้นที่ 3 ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่พวกเขาเห็นเกิดขึ้น ผ่านขั้นที่ 3 ไปแล้วผู้เรียนอาจเจอความขัดแย้งกันระหว่างการทำนายและการสังเกต (White et al., 1992) POE เป็นกลยุทธ์ที่ใช้บ่อยในวิชาวิทยาศาสตร์ มันจะได้ผลดีที่สุดหากมีการสาธิตที่แสดงผลเฉลยของปัญหาอย่างทันทีทันใดโดยการสังเกตของผู้เรียน POE สามารถนำไปใช้สำหรับวัตถุประสงค์หลายอย่าง เช่น การค้นหาความคิดเริ่มต้นของผู้เรียนว่ามีความคิดเห็นอย่างไรเพื่อนำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลำดับถัดไป การสร้างกิจกรรมเพื่อก่อให้เกิดการอภิปรายในชั้นเรียนและสามารถจัดเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและต้องการสำรวจหาแนวคิดเพื่อให้ได้คำอธิบายที่ถูกต้อง

2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของเหลว

ภาชนะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว โดยความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ (P_g) คำนวณได้จากสมการ

$$P_g = \rho g h \tag{2.1}$$

ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศ (P_0) และความดันเกจ (P_g) เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ (P) คำนวณได้จากสมการ

$$P = P_0 + P_g \tag{2.2}$$

เมื่อ P_g คือ ความดันเกจ หน่วยนิวตันต่อตารางเมตร

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว หน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

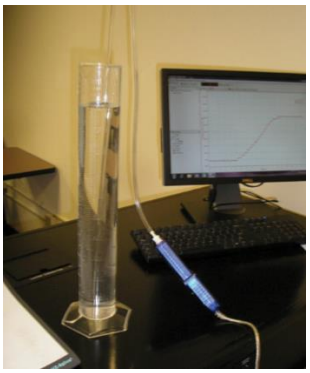
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หน่วยเมตรต่อวินาที^{2}

h คือ ความลึกจากผิวของเหลวลงมา หน่วยเมตร

P คือ ความดันสัมบูรณ์ หน่วยนิวตันต่อตารางเมตร

P_0 คือ ความดันบรรยากาศ หน่วยนิวตันต่อตารางเมตร

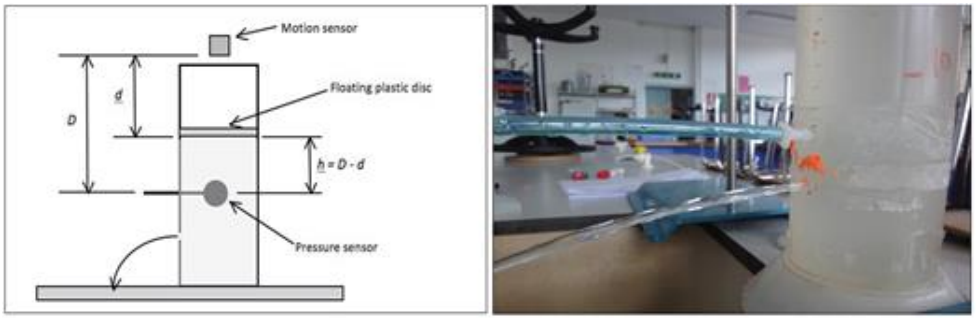
ความดันในของเหลวแปรผันตามความลึกและความหนาแน่นของของเหลว ยิ่งลึกความดันยิ่งมาก ยิ่งมีความหนาแน่นมากจะมีผลทำให้ความดันยิ่งมากขึ้นเช่นกันและความดันไม่ขึ้นกับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะที่ใส่ การวัดค่าความดันในของเหลวได้มีนักวิจัยคิดค้นวิธีการหาหลายรูปแบบ เช่นการสร้างเครื่องมือเพื่อความดันใต้พื้นผิวของของเหลว โดยมีอุปกรณ์ดังนี้ เซ็นเซอร์ความดันและส่วนที่เชื่อมกับคอมพิวเตอร์,สายยางขนาดเล็ก,หลอดแก้วปลายเปิดและกระบอกตวงที่มีบรรจุน้ำ ดังภาพที่ 2.2 และนำไปทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดันจากการใช้สูตรคำนวณกับการใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพมากโดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1% (McCall, 2013)



ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์หาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดัน

ที่มา: McCall (2013)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันในของเหลวกับความลึกอีกวิธีหนึ่งได้แก่ การใช้ data logger-sensor เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบ real time โดยมีภาชนะทรงกระบอกสำหรับใส่น้ำ หัววัดความดัน หัววัดระยะทางและแผ่นพลาสติกลอยน้ำ เป็นส่วนประกอบ จากนั้นติดตั้งชุดทดลองดังภาพที่ 2.3 การทดลองเริ่มจากเติมน้ำในภาชนะจนเกือบเต็ม วางแผ่นแผ่นพลาสติกลงบนผิวน้ำ จากนั้นปล่อยให้น้ำไหลออกทางรูที่เจาะไว้ ให้ data logger-sensor บันทึกค่าความดันและระยะทางของแผ่นพลาสติกที่เปลี่ยนแปลง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของน้ำและค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Bates, 2013)



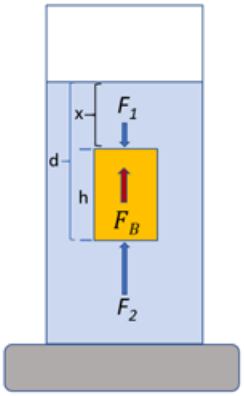
ภาพที่ 2.3 ชุดทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดันด้วย data logger-sensor
ที่มา: Bates (2013)

สมาร์ทโฟนซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีแทบทุกคนก็ได้ถูกนำมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันในของเหลวกับความลึก ดังภาพที่ 2.4 โดยใช้เซ็นเซอร์บารอมิเตอร์ที่อยู่ในสมาร์ทโฟนทำการทดลอง โดยนำสมาร์ทโฟนมาหุ้มด้วยพลาสติกใส จากนั้นนำไปหย่อนลงในลงในน้ำบันทึกค่าความดันที่ความลึกต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลหาแรงดันและความหนาแน่นของของเหลว ซึ่งกิจกรรมนี้เป็นการทดลองทางฟิสิกส์อย่างง่ายที่สามารถนำไปใช้เพื่อแนวคิดเรื่องความดันในของเหลวทั้งในระดับโรงเรียนมัธยมและมหาวิทยาลัยได้หรือแม้แต่ให้นักเรียนไปศึกษาและทดลองเองที่บ้านของนักเรียนได้ (Vieyra et al., 2017)

ภาพที่ 2.4 การทดลองหาความดันในของเหลวด้วยสมาร์ทโฟน
ที่มา: Vieyra et al. (2017)

2.3 แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงลอยตัว

ตามหลักของอาร์คิมีดีส (Archimedes' principle) กล่าวว่า วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงลอยตัวจากของไหลกระทำ โดยขนาดแรงลอยตัวเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ ซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล เมื่อพิจารณาวัตถุจมในของเหลวดังรูป เมื่อ F_B คือแรงลอยตัว F_1 คือ แรงดันที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุด้านบน F_2 คือแรงดันที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุด้านล่าง A คือพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ P_0 คือความดันบรรยากาศ ρ คือความหนาแน่นของของเหลว V คือ ปริมาตรของวัตถุ จะได้ว่า



$$F_B = F_2 - F_1$$

$$F_B = P_2A - P_1A$$

$$F_B = (P_0 + \rho gd)A - (P_0 + \rho gx)A$$

$$F_B = \rho ghA \quad \text{เมื่อ } h = d - x$$

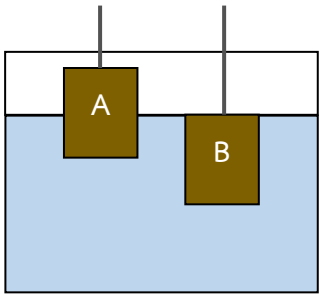
$$F_B = \rho Vg$$

ภาพที่ 2.5 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและแรงลอยตัว

เมื่อพิจารณาการหาค่าแรงลอยตัว สามารถสรุปได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

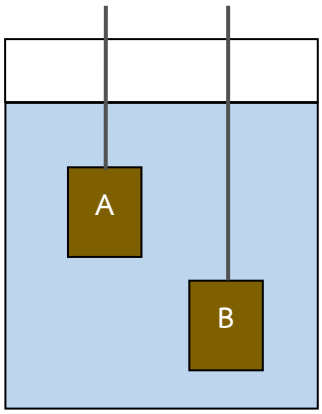
2.3.1 รูปแบบที่ 1 หาค่าแรงลอยตัวเมื่อวัตถุจม

วัตถุที่จมอยู่ในของเหลวไม่ว่าทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงลอยตัวจากของเหลวกระทำ โดยขนาดแรงลอยตัวเท่ากับขนาดน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่ ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการ $F_B = \rho Vg$ ได้เลยจากสมการ จะได้ว่าแรงลอยตัวจะมีค่าแปรผันตามความหนาแน่นของของเหลวและปริมาตรที่ถูกแทนที่ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาภาพที่ 2.6 A และ B เป็นโลหะที่ผูกด้วยเชือกและถูกหย่อนลงไปในน้ำ โดยปริมาตรส่วนที่จมของ A เป็นครึ่งหนึ่งของ B จะพบว่าจะมีแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ B จะมากกว่า A เนื่องจากมีปริมาตรส่วนที่จมมากกว่าหรือน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่มีหากนำไปชั่งจะมีค่ามากกว่านั่นเอง



ภาพที่ 2.6 วัตถุมีปริมาตรเท่ากันแต่จมในน้ำต่างกัน

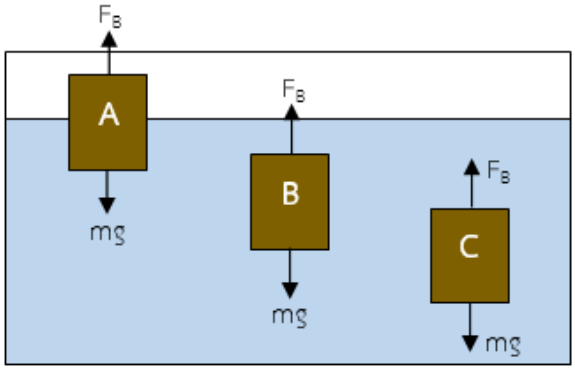
แต่เมื่อวัตถุเมื่อจมลงไปในของเหลวทั้งก้อนแล้ว แรงลอยตัวที่กระทำจะมีค่าคงที่ โดยไม่ขึ้นกับความลึก ดังภาพที่ 2.7 กล่าวคือแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ A และ B จะมีค่าเท่ากันเนื่องจากมีปริมาตรส่วนที่จมเท่ากันถึงแม้ว่าวัตถุ B จะอยู่ลึกมากกว่า วัตถุ A ก็ตาม



ภาพที่ 2.7 วัตถุมีปริมาตรเท่ากันและมีปริมาตรส่วนที่จมในน้ำเท่ากันแต่ลึกต่างกัน

2.3.2 รูปแบบที่ 2 หาค่าแรงลอยตัวเมื่อวัตถุลอยอย่างอิสระ

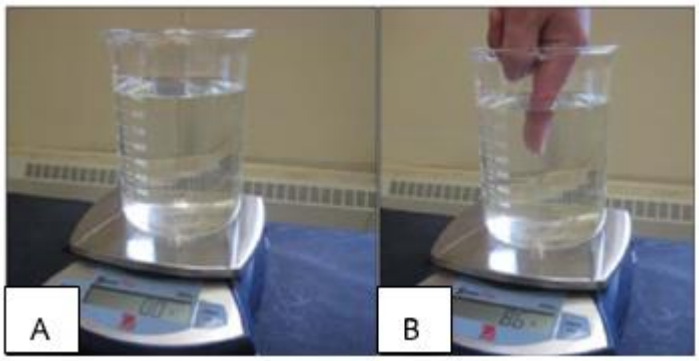
เมื่อวัตถุลอยอิสระอยู่ในของเหลวแรงลอยตัวจะเท่ากับน้ำหนักของวัตถุโดยไม่ขึ้นกับชนิด ขนาดและปริมาตรของวัตถุรวมทั้งไม่ขึ้นกับชนิดและปริมาตรของของเหลวด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาภาพที่ 2.8 จะเห็นว่าทั้ง วัตถุ A, B และ C ต่างก็ลอยนิ่งอย่างอิสระอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน จะได้ว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศขึ้นนั่นก็คือแรงลอยตัว (F_B) จะเท่ากับแรงที่กระทำในทิศลงนั้นก็คือน้ำหนักของวัตถุแต่ละก้อน (mg) ดังนั้นแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ A ก็มีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ A ส่วนแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ B ก็มีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ B และแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ C ก็มีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ C ด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.8 วัตถุ A, B และ C ที่ลอยนิ่งอย่างอิสระอยู่ในน้ำ

2.3.3 รูปแบบที่ 3 หาค่าแรงลอยตัวโดยใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

เมื่อเกิดแรงลอยตัวในทิศขึ้น (F_B) ก็จะมีแรงปฏิกิริยา ($-F_B$) ที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามขึ้นเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน พิจารณาภาพที่ 2.9 จะเห็นว่ารูปในช่อง A ประกอบด้วยบีกเกอร์บรรจุน้ำวางอยู่บนเครื่องชั่งดิจิตอล ดังนั้นค่าที่เครื่องชั่งจะอ่านได้ก็คือน้ำหนักของบีกเกอร์และน้ำ แต่เมื่อดูรูปในช่อง B จะเห็นนิ้วมือจุ่มลงไปในน้ำ เครื่องชั่งจะอ่านค่าได้เพิ่มขึ้นจากเดิมทั้งที่นิ้วมือยังไม่ถึงก้นบีกเกอร์ โดยค่าที่เพิ่มขึ้นจะเท่ากับแรงลอยตัวที่กระทำต่อนิ้วมือนั่นเอง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเกิดแรงลอยตัวที่น้ำกระทำต่อนิ้วมือในทิศขึ้นก็จะมีแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นพร้อมกันในทิศลงเสมอ ดังนั้นหากต้องการหาแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถหาได้คือนำของเหลวบรรจุใส่ภาชนะแล้ววางบนเครื่องชั่ง เมื่อปล่อยให้วัตถุจมลงไปในของเหลวนั้นค่าที่เพิ่มขึ้นของเครื่องชั่งก็คือแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุนั่นเอง

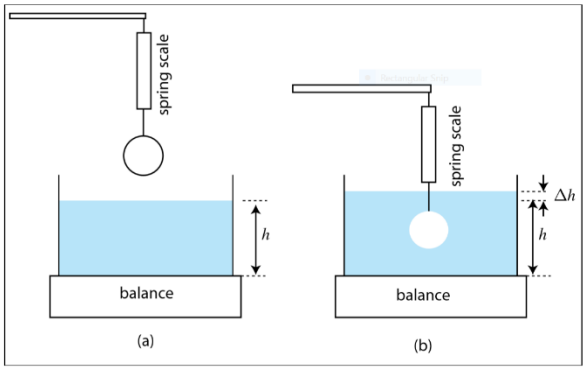


ภาพที่ 2.9 การทดลองหาแรงลอยตัวด้วยการใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน
ที่มา: สุระ วุฒิพรหม (2556)

การวัดค่าแรงลอยตัวนั้นได้มีนักวิทยาศาสตร์ รวมถึงครูในโรงเรียนและมหาวิทยาลัยได้ออกแบบวิธีการต่างๆ หลายวิธี เช่น ในปี 2012 ได้มีการสร้างชุดการสาธิตเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายได้แก่ ลูกโป่ง เหรียญบาทและภาชนะโปร่งใสที่บรรจุน้ำร่วมกับเทคนิคการสอนทำนาย สังเกต และอธิบาย (Predict Observe Explain : POE) กิจกรรมการสาธิตนี้เริ่มจาก วางเหรียญลงบนคอของลูกโป่งและทำเครื่องหมายสองเส้นหนึ่งที่ด้านข้างของเหรียญเพื่อให้ระยะห่างระหว่างเส้นทั้งสองมีค่าเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 ชุดการสาธิตเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย
ที่มา: Radovanovic et al. (2012)

ยกลูกโป่งในตำแหน่งแนวตั้งและวางเหรียญไว้ข้างบอลลูนเพื่อแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของบอลลูนที่ว่างเปล่า ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างเส้นทั้งสอง ดังรูปหลังจากเติมน้ำในลูกโป่งนำ เหรียญ ไปติดกับคอของลูกโป่งอีกครั้งแสดงให้เห็นชัดเจน ที่ระยะห่างระหว่างบรรทัดได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักลูกโป่ง ค่อยๆหย่อนลูกโป่งที่ไปด้วยน้ำลงในภาชนะที่บรรจุน้ำไว้จะสังเกตว่าระยะห่างระหว่างเส้นสองบรรทัด ค่อยๆลดลงเนื่องจากมีแรงลอยตัวที่น้ำกระทำต่อลูกโป่งและค่อยๆลูกโป่งจนลอยในน้ำ โดยให้คอของมันยังคงอยู่เหนือผิวน้ำ จากนั้นใช้เหรียญวัดระยะห่างระหว่างเส้นทั้งสองอีกครั้งจะพบว่ามีระยะห่างเท่ากันกับระยะห่างที่วัดก่อนหน้านี้ตอนที่ภายในลูกโป่งยังว่างเปล่า การทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าเมื่อลูกโป่งลอยในน้ำ แรงลอยตัวที่กระทำต่อลูกโป่งจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของลูกโป่งนั่นเอง (Radovanovic et al., 2012) จากนั้น 1 ปีถัดมา ได้มีการสร้างชุดการทดลองเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้เครื่องชั่ง 2 อัน คือเครื่องชั่งดิจิตอลและเครื่องชั่งสปริง โดยมีอุปกรณ์เพิ่มเติมได้แก่ บีกเกอร์บรรจุน้ำและลูกกลมเหล็ก ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการทดลองโดยการวางบีกเกอร์บรรจุน้ำไว้บนเครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.1 กรัม ในขั้นแรกผู้วิจัยได้บันทึกมวลของน้ำ จากนั้นนำลูกกลมเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 38.05 ± 0.05 มิลลิเมตร ผูกเชือกและแขวนไว้กับตาชั่งสปริงที่มีความละเอียด 3 กรัม ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ชุดการทดลองเรื่องแรงลอยตัว โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลและเครื่องชั่งสปริง
ที่มา: Moreira et al. (2013)

โดยรูป a เป็นรูปการจัดชุดอุปกรณ์การทดลอง ส่วนรูป b เป็นการทดลองโดยหย่อนลูกกลมเหล็กลงไปในน้ำโดยไม่ให้จมถึงก้นภาชนะ บันทึกค่าที่ตาชั่งทั้งสองอ่านได้ จากการทดลองพบว่า เมื่อมีลูกกลมเหล็กจมลงในน้ำค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงจะมีค่าลดลงแต่ค่าที่เครื่องชั่งดิจิตอลอ่านได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสองค่านี้มีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือแรงลอยตัวที่น้ำกระทำต่อลูกกลมเหล็กนั่นเอง สามารถอธิบายได้ว่า แรงที่ทำให้น้ำหนักของบีกเกอร์บรรจุน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับค่าแรงลอยตัวที่กระทำต่อลูกกลมเหล็กนั้น ซึ่งเกิดจากแรงปฏิกิริยาของแรงลอยตัวที่กระทำต่อลูกกลมเหล็กซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันนั่นเอง (Moreira et al., 2013) และในปี 2018 ได้มีการศึกษาแรงลอยตัวโดยการนำ Arduino ต่อเข้ากับโหลดเซลล์ จากนั้นนำบีกเกอร์บรรจุน้ำวางบนโหลดเซลล์แล้วค่อยๆหย่อนวัตถุทรงกระบอกลงไปในน้ำ ดังภาพที่ 2.12 จะพบว่าเมื่อวัตถุทรงกระบอกยิ่งจมลึกมาก น้ำหนักที่โหลดเซลล์อ่านได้ก็มีค่ามากขึ้นด้วย

ภาพที่ 2.12 ชุดทดลองแรงลอยตัวโดยใช้ Arduino ต่อเข้ากับโหลดเซลล์
ที่มา: Espindola et al. (2018)

การทดลองนี้สามารถนำไปตรวจสอบหลักการของอาร์คิมิดีส กฎข้อที่สามของนิวตัน และคำนวณหาความหนาแน่นของของเหลวได้ ชุดอุปกรณ์นี้สามารถใช้ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์แทนชุดเซ็นเซอร์ที่มีราคาแพงมากได้เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตไม่สูงมาก (Espindola et al., 2018)

2.4 มาโนมิเตอร์

มาโนมิเตอร์แบบหลอดตัว U ได้ถูกคิดค้นโดย Christian Huygens นักฟิสิกส์และนักดาราศาสตร์ชาวดัตช์ ในปี ค.ศ. 1661 ซึ่งดัดแปลงจาก บารอมิเตอร์ของ Torricelli เพื่อหาค่าความแตกต่างของแรงดันแก๊ส แม้ว่า มาโนมิเตอร์ เป็นหนึ่งในเครื่องมือวัดความดันที่เก่าที่สุด แต่ก็ยังใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันเนื่องจากทำได้ง่าย มาโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการวัดความแตกต่างของความดันและแรงดันเกจ โดยการปรับสมดุลความดันกับน้ำหนักของของเหลวที่บรรจุในหลอด (Daood et al., 2007) มาโนมิเตอร์ที่ใช้ในห้องเรียนปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป จะทำมาจากหลอดแก้วรูปตัว U หรือสายยางใสนำมาโค้งให้คล้ายกับตัว U ดังภาพที่ 2.13 โดยบรรจุน้ำผสมสีลงไปในหลอด และจะมีสเกลบอกระดับความสูงของของน้ำ ในตอนแรกระดับน้ำในหลอดทั้งสองข้างจะเท่ากัน แต่เมื่อนำปลายสายยางด้านหนึ่ง ไปจุ่มลงในของเหลวอันอื่น จะทำให้ความดันภายในหลอดตัว U เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ระดับของเหลวในหลอดไม่เท่ากัน ซึ่งผู้ทดลองต้องบันทึกค่าความสูงของระดับน้ำที่แตกต่างกัน แล้วนำไปคำนวณหาความดันของแต่ละความลึกที่ปลายสายยางจุ่มลงไป ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่จัดการง่ายแต่มีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย มีความคลาดเคลื่อน

ภาพที่ 2.13 มาโนมิเตอร์แบบตัว U

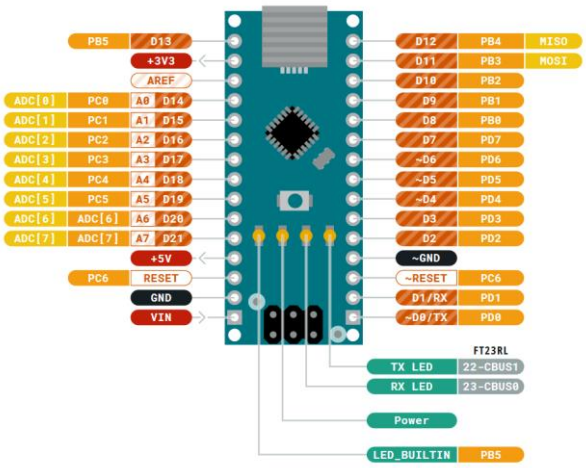
ที่มา: Eisco Labs (2020)

2.5 Arduino สำหรับอุปกรณ์วัดทางฟิสิกส์

2.5.1 Arduino คืออะไร

Arduino เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์แบบ open-source คือเปิดเผยข้อมูลทั้งทางด้าน hardware และ software ที่ใช้งานได้ง่าย บอร์ด Arduino สามารถทำงานได้หลายอย่างเช่น สามารถอ่าน inputs จากแสง, จากการกดปุ่มด้วยนิ้วมือ หรือจากการพิมพ์ข้อความแล้วเปลี่ยนเป็น output เพื่อการเปิดใช้งานมอเตอร์, การเปิดไฟ LED หรือการพิมพ์บางอย่างเผยแพร่ไปยังสื่อออนไลน์ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถบอกบอร์ดว่าต้องทำอะไร โดยส่งชุดคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด ในการทำนี้ผู้ใช้งานต้องใช้ภาษา Arduino ซึ่งเป็นคำสั่งในรูปของภาษา C และซอฟต์แวร์หลักในการประมวลผลคือ Arduino IDE (Arduino, 2020) ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ด้านบอร์ด Arduino ที่ผลิตออกมามากมาย เช่น Arduino Uno Rev3, Arduino nano, Arduino MEGA, NodeMCU (ESP8266), ESPino32 และNode32Lite เป็นต้น (มาโนชญ์ แสงศิริ, 2562)

ในงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้ Arduino Nano 3.0 ซึ่งเป็นบอร์ดขนาดเล็ก มีการทำงานที่สมบูรณ์และถนอม breadboard โดยใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 โดยที่ Arduino Nano 3.0 มีฟังก์ชั่นเดียวกันกับ Arduino Duemilanove และใช้งานได้กับสายเคเบิล Mini-B USB แทน USB แบบมาตรฐานทั่วไป



ภาพที่ 2.14 ส่วนประกอบบอร์ด Arduino nano

ที่มา: Arduino (2020)

2.5.2 จุดเด่นของ Arduino

แพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, PhidgetsและMIT's Handyboard เป็นต้นซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานที่คล้ายคลึงกันแต่ยังมีความยุ่งยากซับซ้อนสำหรับผู้ที่ไม่มีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ Arduino

ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับครู ผู้เรียน และผู้ที่สนใจมากกว่าระบบอื่น ๆ (Arduino, 2020) ซึ่งมีจุดเด่นดังนี้

2.5.2.1 ราคาไม่แพง (Inexpensive) เมื่อเทียบกับแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ แล้วบอร์ด Arduino จะมีราคาถูกที่สุด โดยสามารถประกอบได้ด้วยมือหรือแม้แต่โมดูล Arduino ที่ประกอบไว้ล่วงหน้าก็ยังมีราคาถูก

2.5.2.2 ข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform) Arduino Software (IDE) สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลายเช่น Windows, MacIntosh OSX และ Linux ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นส่วนใหญ่จะสามารถทำงานได้เพียงระบบปฏิบัติการเดียว คือ Windows เท่านั้น

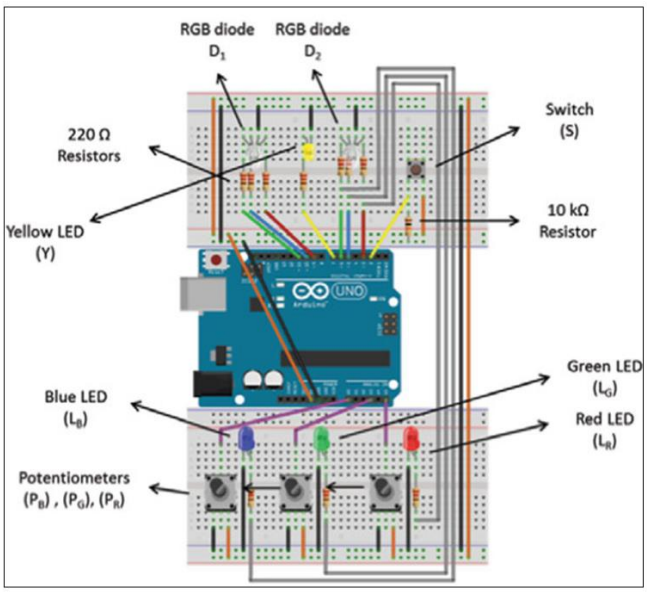
2.5.2.3 สภาพแวดล้อมการเขียนโปรแกรมที่เรียบง่ายและชัดเจน (Simple and clear Programming environment) Arduino Software (IDE) จะใช้งานง่ายสำหรับผู้ที่เริ่มต้นใช้งาน แต่ก็มีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับผู้ที่นำไปใช้ขั้นสูง ในขณะที่การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในแพลตฟอร์มอื่น ๆ และมักจะเป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่ไม่สามารถแก้ไขได้

2.5.2.4 ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สและส่วนขยาย (Open source and extensible software)ซอฟต์แวร์ของ Arduino เป็นเครื่องมือโอเพนซอร์สซึ่งสามารถใช้ได้กับผู้ที่เริ่มต้นใช้งานไปจนถึงโปรแกรมเมอร์ที่มีประสบการณ์ ภาษานี้สามารถขยายได้ผ่าน ไลบรารี (Library) ภาษา C/C++

2.5.2.5 ฮาร์ดแวร์โอเพนซอร์สและฮาร์ดแวร์ที่ต่อขยายเพิ่มได้ (Open source and extensible hardware) แผนผังของบอร์ด Arduino ได้รับการเผยแพร่โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ผู้เริ่มต้นใช้งานที่ยังไม่มีประสบการณ์หรือผู้ออกแบบวงจรที่มีประสบการณ์สามารถสร้างโมดูลของตัวเองขยายและปรับปรุงได้ (เอกพงศ์ บัวชุม และคณะ, 2562)

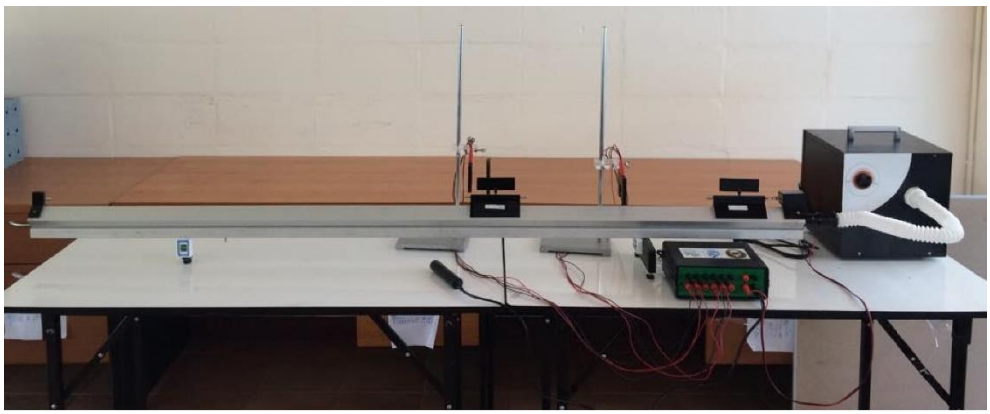
2.5.3 การนำ Arduino ไปใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์

Arduino เป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอนฟิสิกส์ในปัจจุบันเพราะงานได้ง่ายราคาถูก ครูผู้สอนสามารถออกแบบชิ้นงานตามความต้องการได้ไม่ยากเนื่องจากสามารถต่อกับหัววัดต่างๆ เช่นหัววัดเสียง แสงอินฟราเรด ความดัน อุณหภูมิและอื่นๆ โดยครูผู้สอนสามารถเขียนคำสั่งผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้มีนำมาใช้ในห้องเรียนเช่นการสร้างชุดทดลองอย่างง่ายเพื่อศึกษาการผสมแสงสี โดยสร้างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายที่ประกอบด้วย Arduino board, LED แบบ RGB, ตัวต้านทานแบบคงที่และตัวต้านทานปรับค่าได้ (potentiometers) ดังแสดงในภาพที่ 2.15 (Carvalho et al., 2016)



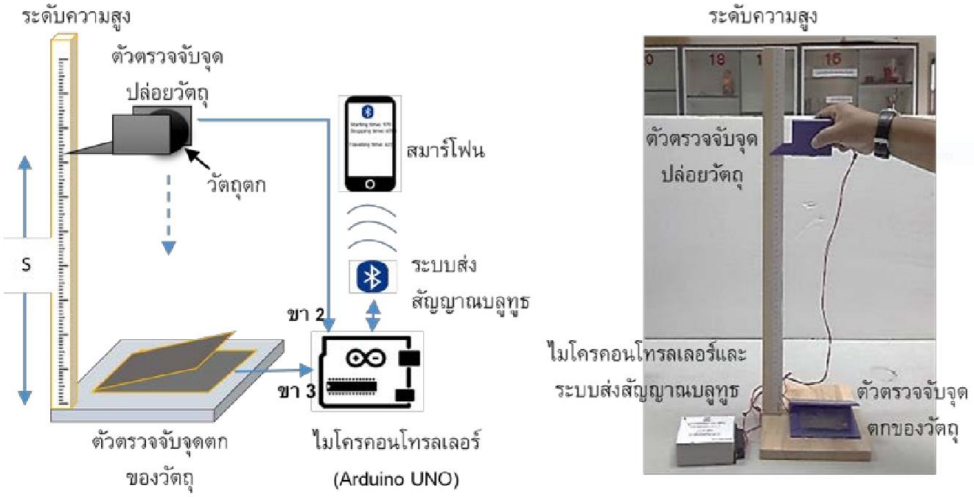
ภาพที่ 2.15 ชุดทดลองการผสมแสงสีอย่างง่าย
ที่มา: Carvalho et al. (2016)

อีกทั้ง Arduino ยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นเพื่อนำมาจัดการเรียนการสอน เช่น การใช้บอร์ด Arduino ร่วมกับ LabVIEW ในการสร้างชุดทดลองทางกลศาสตร์ โดยชุดทดลองทางกลศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองได้แก่ 1) ชุดศึกษาโมเมนตัมและการชน 2) ชุดศึกษาการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย และ 3) ชุดศึกษาโมเมนตค์วามเฉื่อย ดังแสดงในภาพที่ 2.16 (ปริญญา สาเพชร, 2562)



ภาพที่ 2.16 ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนบนรางลมร่วมกับบอร์ด Arduino และโปรแกรม LabVIEW
ที่มา: ปริญญา สาเพชร (2562)

อีกตัวอย่างเช่นการสร้างชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกอย่างง่ายโดยใช้ Arduino Uno เพื่อวัดระยะเวลาตกของวัตถุจากความสูงต่างๆ โดยอัตโนมัติแล้วส่งสัญญาณไปยังโทรศัพท์มือถือเพื่อแสดงผลผ่านหน้าจอโทรศัพท์ ดังภาพที่ 2.17 ผลการทดสอบพบว่าค่าที่วัดได้มีความแม่นยำและเมื่อคิดต้นทุนในการผลิตมีราคาไม่ถึง 300 บาท (สมพร บัวประทุม, 2562)



ภาพที่ 2.17 ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ที่มา: สมพร บัวประทุม (2562)

ดังจะเห็นได้ว่าปัจจุบันได้มีการนำ Arduino มาใช้ประกอบการเรียนการสอนฟิสิกส์อย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ ยังถูกนำไปใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และการทำ STEM project เป็นต้น โดยมีข้อดีคือใช้งานไม่ยาก ราคาถูก เก็บข้อมูลได้ละเอียด แม่นยำ และแสดงผลแบบ real time ซึ่งการนำ Arduino มาใช้ประกอบการเรียนการสอนนี้ มีส่วนช่วยกระตุ้นความสนใจ สร้างแรงบันดาลใจและเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

2.6 แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS

แบบสังเกต COPUS หรือ The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS) พัฒนาขึ้นในปี 2013 โดย Michelle K. Smith และคณะ เป็นแบบสังเกตที่ใช้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนในชั้นเรียนขณะจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตนี้ถูกนำมาใช้ในชั้นเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยวัตถุประสงค์หลักของการสร้าง

แบบสังเกตนี้ คือ 1) เพื่อใช้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของการสอน 2) เพื่อให้ข้อเสนอแนะหรือข้อมูลแก่ครูผู้สอนเกี่ยวกับการสอนหรือวิธีการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน 3) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิชาชีพ (Smith et al., 2013)

ลักษณะของพฤติกรรมในแบบสังเกต COPUS แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นลักษณะหรือพฤติกรรมของนักเรียนที่จะแสดงออกมาให้เห็นในช่วงเวลาของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในส่วนนี้จะมีรหัส (Code) ของพฤติกรรมต่างๆ อยู่ทั้งหมด 13 รหัส ส่วนที่ 2 เป็นลักษณะหรือพฤติกรรมของครูผู้สอนที่จะแสดงออกมาขณะจัดการเรียนรู้ สำหรับรหัส (Code) ของครูผู้สอนนั้นมีอยู่ทั้งหมด 12 รหัส ดังนั้น รหัสสังเกตพฤติกรรมของแบบสังเกตนี้จะมีทั้งสิ้น 25 รหัส ซึ่งแต่ละรหัสจะมีคำอธิบายถึงพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ แสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

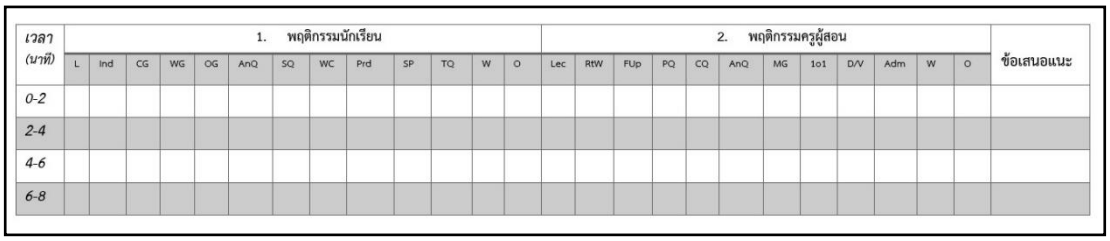
ตารางที่ 2.3 รหัส (Code) และคำอธิบายของแบบสังเกต COPUS ของนักเรียน

รหัส	คำอธิบาย
L	ฟังอาจารย์ผู้สอน / จดบันทึก ฯลฯ
Ind	ความคิดส่วนบุคคล / การแก้ปัญหาเฉพาะบุคคล (ทำเครื่องหมายเฉพาะเมื่อผู้สอนขอให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับคำถามเท่านั้น / แก้ปัญหาอื่นด้วยตนเอง)
CG	อภิปรายคำถามภายในกลุ่ม (นักเรียนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่วมอภิปราย)
WG	ทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม
OG	ทำกิจกรรมกลุ่มที่มอบหมายอื่น ๆ เช่นตอบคำถามของผู้สอน
AnQ	นักเรียนกำลังตอบคำถามของอาจารย์ผู้สอนหลังจากที่ได้ฟังคำถาม
SQ	นักเรียนถามคำถาม
WC	มีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน โดยผู้สอนเสนอคำอธิบาย ความคิดเห็นและอื่น ๆ ให้กับชั้นเรียน
Prd	การคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์ของการสาธิตหรือการทดสอบ
SP	การนำเสนอโดยนักเรียน
TQ	ทดสอบหรือตอบคำถาม
W	กำลังรอ (ผู้สอนดำเนินกิจกรรมช้า / แก้ไขปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์/ ผู้สอนไม่ว่าง ฯลฯ)
O	อื่น ๆ

ตารางที่ 2.4 รหัส (Code) และคำอธิบายของแบบสังเกต COPUS ของครูผู้สอน

รหัส	คำอธิบาย
Lec	การบรรยาย(นำเสนอเนื้อหาหรือผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ฯลฯ)
RtW	เขียนบนกระดานหรือโปรเจคเตอร์ ในขณะที่สอน ฯลฯ
FUp	ติดตาม / ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมเพื่อทั้งชั้นเรียน
PQ	การวางคำถามที่ไม่ใช่ คำถาม Clicker ให้กับนักเรียน (ไม่ใช่คำถามเชิงพรรณนา)
CQ	การถามคำถาม Clicker (ทำเครื่องหมายตลอดเวลาที่ผู้สอนใช้คำถาม Clicker ไม่ใช่เฉพาะตอนที่ถามครั้งแรก)
AnQ	การฟังและการตอบคำถามนักเรียนด้วยการฟังทั้งชั้นเรียน
MG	การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียน เพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เป็นการเรียนรู้เชิงรุก
1o1	การสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (สามารถทำพร้อมกับ MG หรือ AnQ)
D/V	แสดงหรือดำเนินการสาธิตทดลองจำลองวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหว
Adm	การบริหาร / การจัดการ (มอบหมายการบ้าน แบบฝึกหัด ฯลฯ)
W	ผู้สอนรอโอกาส สำหรับที่จะมีปฏิสัมพันธ์หรือสังเกต / ฟังกิจกรรมนักเรียนหรือกลุ่มและผู้สอนไม่ทำเช่นนั้น
O	อื่น ๆ (เขียนอธิบายในช่องความคิดเห็น)

รหัสที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนทั้ง 25 รหัสนี้ จะอยู่ในแบบสังเกต COPUS ดังตัวอย่างภาพที่ 2.18 ซึ่งเป็นตัวอย่างของแบบสังเกต COPUS แสดงให้เห็นองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ



เวลา (นาที)	1. พฤติกรรมนักเรียน													2. พฤติกรรมครูผู้สอน											ข้อเสนอแนะ
	L	Ind	CG	WG	OG	AnQ	SQ	WC	Prd	SP	TQ	W	O	Lec	RtW	FUp	PQ	CQ	AnQ	MG	1o1	D/V	Adm	W	O	
0-2																										
2-4																										
4-6																										
6-8																										

ภาพที่ 2.18 แบบสังเกตพฤติกรรม (COPUS)

คือ 1) เวลา ในส่วนของเวลาที่ใช้สำหรับการสังเกตนั้นจะใช้ในหน่วยนาที เวลาสำหรับการบันทึกพฤติกรรมที่แสดงออกมาจะถูกแบ่งช่วงออกเป็นทุกๆ 2 นาที โดยระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสังเกตแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับจำนวนเวลาของการจัดการเรียนรู้ในครั้งนั้นๆ 2) รหัสพฤติกรรมของนักเรียนและของครูผู้สอน จำนวน 25 รหัส และ 3) ข้อเสนอแนะ/สิ่งที่เห็นเพิ่มเติม สำหรับช่องนี้จะถูกบันทึกเมื่อผู้สังเกตได้สังเกตเห็นพฤติกรรมที่ไม่ตรงตามรหัสที่กำหนดไว้ จะเรียกพฤติกรรมเหล่านั้นว่า “พฤติกรรมอื่นๆ” ซึ่งถ้าผู้สังเกตเห็น “พฤติกรรมอื่นๆ” จะต้องบันทึกลงในรหัส “o”พร้อมทั้งเขียนสิ่งที่สังเกตเห็นในช่องเสนอแนะ

การใช้แบบสังเกต COPUS สำหรับการสังเกตชั้นเรียนนั้นจะต้องใช้ผู้สังเกตจำนวน 2 คน เพื่อทำการบันทึกข้อมูล (ใส่เครื่องหมายถูกในแบบสังเกต) ก่อนจะเริ่มการสังเกตครูผู้สอนจะต้องอธิบายเกี่ยวกับจุดประสงค์ กระบวนการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้จะต้องอธิบายความหมายและสัญลักษณ์ของรหัส (Code) ทุกรหัส เพื่อให้ผู้สังเกตและครูผู้สอนเข้าใจตรงกัน ผู้สังเกตจะต้องสังเกตตั้งแต่เริ่มการจัดการเรียนรู้จนถึงสิ้นสุดกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้สังเกตทั้งสองคนควรจะอยู่คนละตำแหน่งกัน เช่น คนที่ 1 ยืนบริเวณส่วนด้านของหน้าชั้นเรียน คนที่ 2 ยืนบริเวณส่วนด้านหลังของชั้นเรียน ทั้งสองตำแหน่งของการยืนจะต้องสามารถเห็นนักเรียนและครูผู้สอนได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามสำหรับตำแหน่งของการยืนนั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลาตามความเหมาะสมแต่สิ่งสำคัญผู้สังเกตจะต้องไม่เข้าไปมีส่วนร่วมหรือให้ข้อเสนอแนะขณะจัดการเรียนรู้

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกต COPUS นั้น สามารถแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 กรณี คือ 1) วิเคราะห์เพื่อดูค่าความถี่ของแต่ละพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน โดยค่าที่ได้จะคิดเป็นร้อยละ สำหรับวิธีคิด พิจารณาจากข้อมูลของผู้สังเกตทั้งสองคน ดังนี้

$$\text{ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผู้สังเกตทั้งสองคนเห็นเหมือนกัน}}{\text{จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด}} \times 100$$

หรือ

$$\%B = \frac{N_o}{N_p} \times 100 \qquad (2.3)$$

ตัวอย่างเช่น หากผู้สังเกตทั้งสองคนทำเครื่องหมายว่า *“ผู้สอน : แสดงหรือดำเนินการสาธิตทดลองจำลองวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหว (D/V)”* ในช่วงเวลาเดียวกัน 13 ครั้ง (N_o) ในคาบเรียน 50 นาที โดยแบ่งช่วงเวลาออกเป็นช่วงละ 2 นาที จะได้จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด (N_p) เท่ากับ 25 ช่วง จะได้ว่า

$$\%B = \frac{N_o}{N_p} \times 100$$

$$\%B = \frac{13}{25} \times 100$$

$$\%B = 52$$

ดังนั้น สรุปได้ว่าในช่วงเวลาเรียน 50 นาที *“ ผู้สอน : แสดงหรือดำเนินการสาธิตทดลองจำลองวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหว (D/V) ”* คิดเป็นร้อยละ 52 ของจำนวนช่วงเวลาทั้งหมด 2) วิเคราะห์เพื่อดูพฤติกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในตลอดช่วงเวลาของการจัดการเรียนรู้ สามารถพิจารณาได้จาก

$$\%\text{ของพฤติกรรมแต่ละรหัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผู้สังเกตทั้งสองคนเห็นเหมือนกัน}}{\text{จำนวนความถี่ของพฤติกรรมทุกรหัสที่เห็นเหมือนกัน}} \times 100$$

$$\%B_t = \frac{N_o}{N_t} \times 100 \qquad (2.4)$$

2.7 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain; <g>)

Normalized Gain ถูกนำเสนอโดย Richard R. Hake ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย University of Indiana ในปี ค.ศ. 1998 normalized เป็นคำที่มาจากคำศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ ซึ่งหมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่าๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน ในการประเมินการสอนแต่ละครั้งอาจเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสอบก่อนเรียน-หลังเรียน (Pre-post test) หากมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากแสดงว่ามีการพัฒนาดีขึ้น แต่หากเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม การพิจารณาเพียงแค่การเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนเพียงอย่างเดียว อาจทำให้การประเมินไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงได้ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนห้อง A และ ห้อง B ใช้วิธีการสอนที่ต่างกัน แต่สอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) ด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน โดยห้อง A ได้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 40 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 70 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 30 คะแนน ส่วนห้อง B ได้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 60 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 85 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 25 คะแนน จะเห็นได้ว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ ห้อง A มีคะแนนเพิ่มขึ้น 30 คะแนน ในขณะที่ห้อง B มีคะแนนเพิ่มขึ้น 25 คะแนน ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า วิธีการสอนที่ใช้กับนักเรียนห้อง A ดีกว่าวิธีการสอนที่ใช้กับนักเรียนห้อง B เพราะห้อง A มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าห้อง B อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อโต้แย้งหลาย ๆ อย่างเกี่ยวกับการสรุปผลดังกล่าว คือ เนื่องจากคะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนทั้งสองห้องต่างกัน และด้วยข้อจำกัด

ของคะแนนเต็มจากการสอบในแต่ละครั้ง ทำให้โอกาสที่แต่ละห้องจะมีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงสุดต่างกัน เช่นห้อง A มีคะแนนก่อนเรียน 40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ดังนั้นคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ มีค่าเท่ากับ 100 – 40 = 60 คะแนน สำหรับห้อง B มีคะแนนก่อนเรียน 60

คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ดังนั้นคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ มีค่าเท่ากับ 100 – 60 = 40 คะแนน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคะแนนที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ของทั้งสองห้องนี้ มีค่าไม่เท่ากันทำให้มีข้อได้เปรียบเสียเปรียบกันเกิดขึ้น จากปัญหานี้ Hake จึงได้เสนอวิธีการในการ ประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า normalized gain นี้ขึ้น โดยหาได้จาก อัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\ \text{Post-test}) - (\%\ \text{Pre-test})}{100 - (\%\ \text{Pre-test})} \qquad (2.5)$$

โดยที่ $\langle g \rangle$ คือค่า normalized gain

% Post-test คือค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ *

% Pre-test คือค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ *

* หมายเหตุคิดเฉพาะผู้เรียนคนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

เราสามารถอธิบายค่าของ $\langle g \rangle$ หรือ normalized gain ได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียน (Actual gain = (% post–test) - (% Pre-test)) คิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100 %) - (% Pre-test)) ซึ่งค่า $\langle g \rangle$ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 โดยสามารถแบ่ง ระดับของค่า Normalized Gain เป็น 3 ระดับ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ระดับของค่า Normalized Gain

ระดับ	ค่า Normalized Gain
ระดับสูง (High gain)	$0.7 \leq \langle g \rangle \leq 1.0$
ระดับปานกลาง (Medium gain)	$0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
ระดับต่ำ (Low gain)	$0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

2.7.1 ประเภทของระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain ($\langle g \rangle$))

ประเภทของระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain ($\langle g \rangle$)) แบ่งได้ 4 ประเภท และมีรายละเอียดการคำนวณและการแปลความหมายเป็นดังนี้

2.7.1.1 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นแบบแต่ละชั้นเรียน (Class normalized gain) คือ การวิเคราะห์ว่าผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งชั้นเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาส

เพิ่มขึ้นได้ โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียน การวิเคราะห์ในรูปแบบนี้เป็นการประเมินผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีการพัฒนาขึ้นมากน้อยเพียงใด

2.7.1.2 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นแบบแต่ละรายบุคคล (Single student normalized gain) คือ การวิเคราะห์ว่าผู้เรียนเป็นรายบุคคลว่าแต่ละคนมีการพัฒนาของการเรียนรู้ว่าเป็นอย่างไร โดยคำนวณได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคน การวิเคราะห์ด้วยวิธีการนี้เหมาะสำหรับห้องเรียนที่มีจำนวนผู้เรียนน้อย เนื่องจากสามารถวิเคราะห์พัฒนาการได้เป็นรายบุคคลทำให้มีโอกาสในการช่วยเหลือผู้ที่มีผลการเรียนรู้ต่ำและส่งเสริมผู้ที่มีผลการเรียนรู้ที่สูงอยู่แล้วให้มีการพัฒนาได้อย่างเต็มศักยภาพ

2.7.1.3 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นแบบแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain) คือ การวิเคราะห์ว่าจำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อสอบ ข้อหนึ่งๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยทำการวิเคราะห์ทีละข้อเป็นรายข้อ การวิเคราะห์ด้วยกระบวนการนี้มีข้อดีคือสามารถบอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบในแต่ละข้อของข้อสอบชุดนั้นเป็นอย่างไร ทำให้สามารถนำผลการวิเคราะห์มารปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นๆ ได้

2.7.1.4 ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นแบบแต่ละความคิดรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain) คือการวิเคราะห์ว่าผู้เรียนมีพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นต่อความคิดรวบยอด (Concept) ในแต่ละหัวข้อ เป็นอย่างไร การวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้โดยในการสอบแต่ละครั้ง ข้อสอบ 1 ชุดอาจมี การวัดความคิดรวบยอดมากกว่า 1 หัวข้อ ดังนั้นหากวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับแล้ว จะบอกไม่ได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละหัวข้อมากน้อยเพียงใด ดังนั้นหากมีการวิเคราะห์ลงไปในแต่ละหัวข้อก็จะทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจถูกแล้วหรือยังเข้าใจผิดในเรื่องใดบ้าง (อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2550)

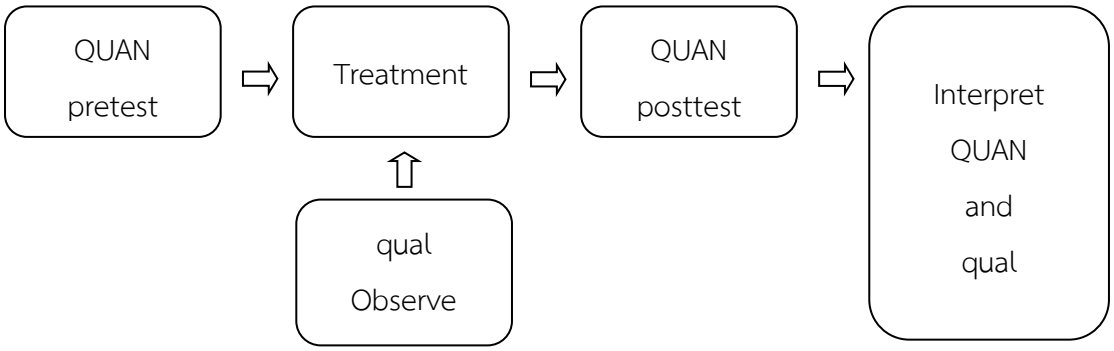
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดสามารถวัดค่าได้ถูกต้องและแม่นยำ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ร้อยละ 5 2) เพื่อออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว 3) เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและ 4) เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 แบบแผนงานวิจัย
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.5 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.8 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แบบแผนงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) แบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) รูปแบบการทดลองระยะเดียววิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase: Experimental Model by Quantitative Dominant) (Creswell et al., 2007) โดยมีแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 3.1 แบบแผนงานวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองโดยใช้วิธีการเชิงปริมาณ (QUAN) เป็นวิธีการหลัก โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความเข้าใจในแนวคิดเรื่องความดันและแรงลอยตัว (QUAN pretest)

3.1.2 นำกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (Treatment)

3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างด้วยการสังเกตกิจกรรมการสอนด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS และสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรม (โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นรอง Qual Observe)

3.1.4 ทำการทดสอบหลังเรียน (QUAN posttest)

3.1.5 นำข้อมูลทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผล

3.1.6 ตีความผลการวิจัยที่เกิดขึ้น โดยใช้ผลที่ได้จากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนรวมทั้งผลที่ได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ ขณะจัดกิจกรรมการสอนมาสรุปร่วมด้วย (Interpret QUAN and qual)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 200 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่

จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เนื่องจากมีการจัดการเรียนการสอนและดำเนินการวิจัยในวันเสาร์

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.3.1 ผู้วิจัยวิเคราะห์สภาพปัญหาในการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดยใช้ข้อมูลจากประสบการณ์สอนจากนั้น สัมภาษณ์นักเรียนและครูที่มีประสบการณ์ พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงดันและแรงลอยตัว

3.3.2 ศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงดันและแรงลอยตัว การใช้งาน Arduino เทคนิคการสอนแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ การออกแบบและสร้างสร้างกิจกรรมการเรียนรู้การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงดันและแรงลอยตัวเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหา

3.3.3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.4 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.3.5 ปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

3.3.6 นำเครื่องมือไปทดสอบประสิทธิภาพกับกลุ่มทดลอง

3.3.7 ปรับปรุงเครื่องมือหลังจากทดสอบประสิทธิภาพกับกลุ่มทดลอง

3.3.8 นำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.9 เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการศึกษา

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.4.1 มาโนมิเตอร์แบบ Arduino ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.4.2 กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด ใช้เวลาสอน 8 ชั่วโมง

3.4.3 แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 ชุด เป็นแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ (two-tier diagnostic test) จำนวน 13 ข้อ

3.4.4 แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS

3.4.5 แผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว จำนวน 2 แผน

3.5 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

3.5.1 ขั้นตอนการสร้างมาโนมิเตอร์แบบ Arduino

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างมาโนมิเตอร์แบบ Arduino ดังนี้

การสร้างมาโนมิเตอร์แบบ Arduino มีส่วนประกอบดังนี้

(1) Arduino Nano 3.0 Mini USB จำนวน 1 บอร์ด

(2) หัววัดความดันอากาศ Pressure sensor air pressure sensor module water level sensor module จำนวน 2 หัววัด โดยหัววัดความดันอากาศทั้ง 2 แต่ละอันจะต่ออยู่กับสายน้ำเกลือ

(3) จอ LCD รุ่น IIC I2C 2004 204 20 x 4 จำนวน 1 ชิ้น

(4) load cells 1 ชิ้น

(5) DC อะแดปเตอร์ Adapter 5V 2A 2000mA (DC 5.5 x 2.5MM) 1 ชิ้น

(6) กล่องบรรจุวงจร 1 กล่อง

จากนั้นต่อวงจรไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละชิ้นเข้าด้วยกันแล้วเขียนชุดคำสั่งเพื่อให้ทำงานดังนี้

```
#include <Wire.h>
#include <Q2HX711.h>
#include "HX711.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

const byte PRESSURE1_DOUT_PIN = A0;
const byte PRESSURE1_SCK_PIN  = A1;
const byte PRESSURE2_DOUT_PIN = A2;
const byte PRESSURE2_SCK_PIN  = A3;

Q2HX711 PRESSURE1(PRESSURE1_SCK_PIN, PRESSURE1_DOUT_PIN);
Q2HX711 PRESSURE2(PRESSURE2_SCK_PIN, PRESSURE2_DOUT_PIN);

float calibration_factor =93847.00;
#define zero_factor 8390596
#define DOUT  2
#define CLK   3
#define DEC_POINT  2
```

ภาพที่ 3.2 ชุดคำสั่ง Arduino ควบคุมการทำงานของเครื่องมาโนมิเตอร์

```
float offset=0;
float get_units_kg();

HX711 scale(DOUT, CLK);

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  scale.set_scale(calibration_factor);
  scale.set_offset(zero_factor);
  lcd.begin();
}
void loop() {

  Serial.print(PRESSURE1.read()/1000.0);
  Serial.print("\t\t");
  Serial.println(PRESSURE2.read()/1000.0);
  delay(500);

  Serial.print("Reading: ");
  String data = String(get_units_kg()+offset, DEC_POINT);
  Serial.print(data);
  Serial.println(" kg");

  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("PRESSURE WEIGHT");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("WEIGHT: ");
  lcd.setCursor(11, 1);
  lcd.print(data);
  lcd.setCursor(18, 1);
  lcd.print("KG");
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Pressure1:");
  lcd.setCursor(11, 2);
  lcd.print(PRESSURE1.read()/100000.0);
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Pressure2:");
  lcd.setCursor(11, 3);
  lcd.print(PRESSURE2.read()/100000.0);
}
float get_units_kg(){
  return(scale.get_units()*0.453592);
          }
```

ภาพที่ 3.2 ชุดคำสั่ง Arduino ควบคุมการทำงานของเครื่องมาโนมิเตอร์ (ต่อ)

ประกอบอุปกรณ์เข้ากับกล่องพลาสติก ดังภาพที่ 3.3 เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก

ภาพที่ 3.3 มาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด

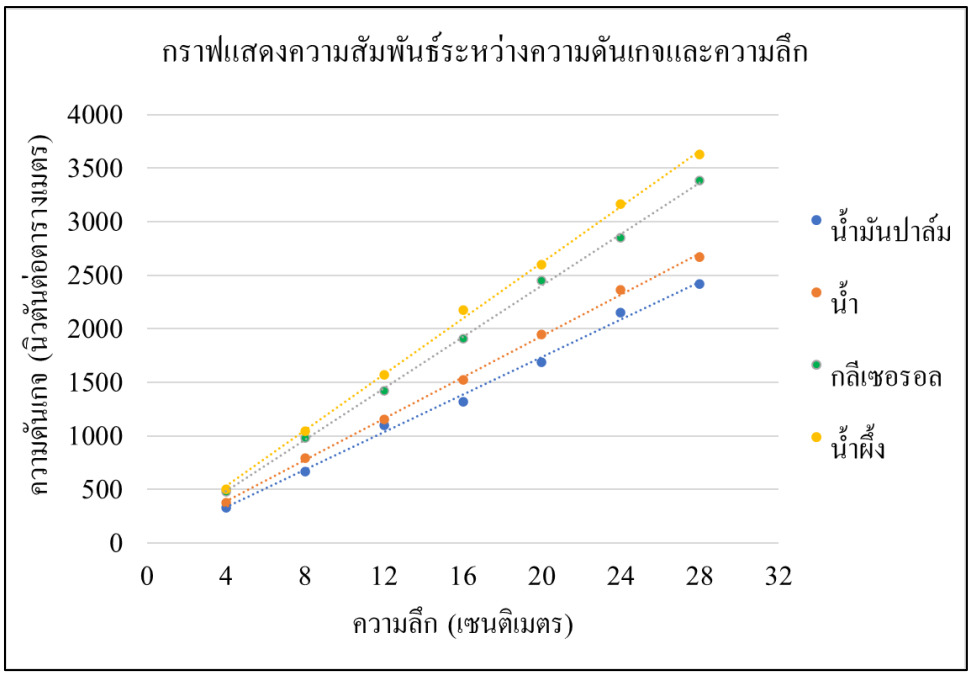
ตัวอย่างวิดีโอการใช้งานมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด เพื่อวัดความดันในของเหลว สามารถดูได้โดยสแกนผ่าน qr Code ในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างวิดีโอการใช้งานมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด

3.5.2 การหาประสิทธิภาพมาโนมิเตอร์แบบ Arduino

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพผู้วิจัยได้นำมาโนมิเตอร์แบบ Arduino ที่สร้างขึ้นไปวัดความดันของของเหลวที่ระดับความลึกต่างๆ ของเหลวที่นำมาทดลองได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำ กลีเซอรอล และน้ำผึ้ง เพื่อนำไปหาความหนาแน่นของของเหลวแต่ละชนิด โดยนำของเหลวใส่ภาชนะจากนั้นนำปลายสายน้ำเกลือซึ่งต่ออยู่กับหัววัดความดันอากาศของมาโนมิเตอร์แบบ Arduino ค่อยๆ จุ่มลงไปในของเหลว บันทึกค่าความสัมพันธ์ของความลึก (h) และความดันเกจที่วัดได้ (P) ดังภาพที่ 3.5 จากนั้นเขียนกราฟระหว่างความลึกและความดันเกจที่วัดได้โดยความชัน คือความหนาแน่นของของเหลว ดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.5 การทดลองหาความหนาแน่นของของเหลวโดยมาโนมิเตอร์แบบ Arduino



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความดันเกจ

จากความชันของกราฟซึ่งแสดงค่าความหนาแน่นของเหลวที่วัดได้ ผู้วิจัยจึงนำไปเปรียบเทียบกับความหนาแน่นจริงจากอัตราส่วนมวลต่อปริมาตรของของเหลวนั้น ดังแสดงในตารางที่ 3.1

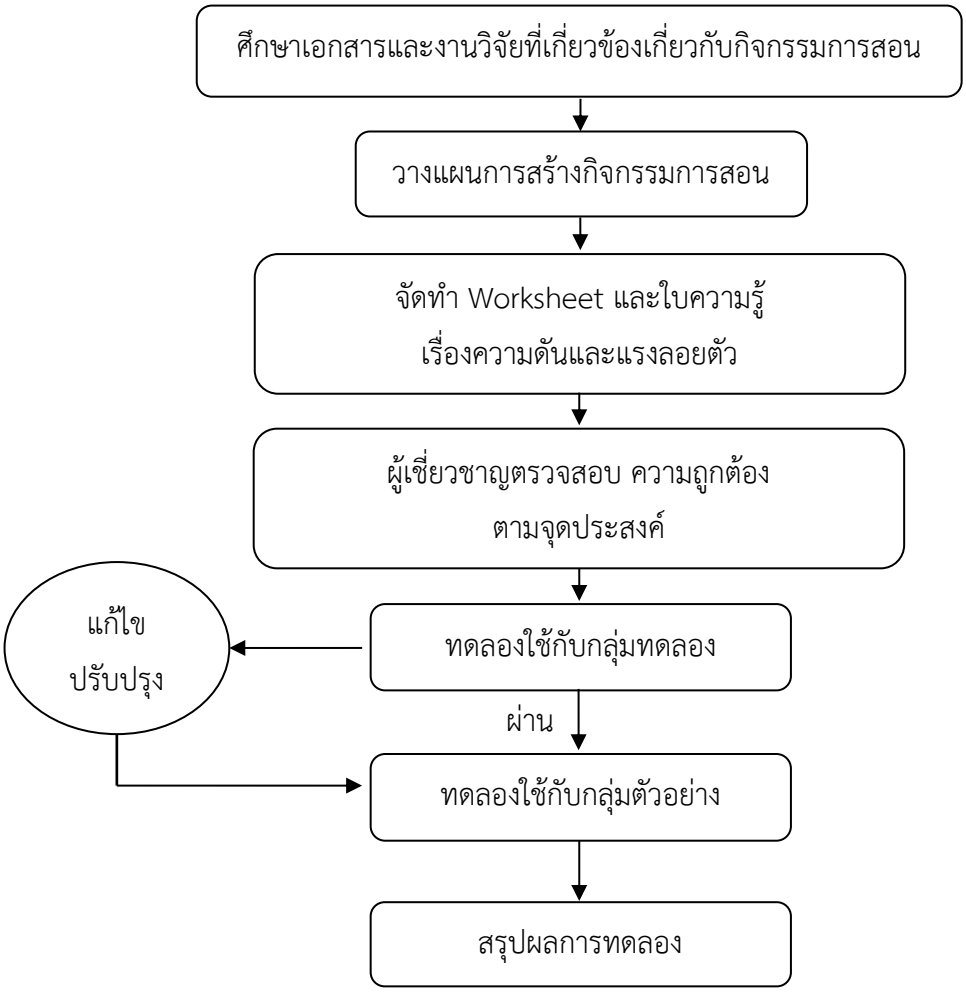
ตารางที่ 3.1 ค่าความหนาแน่นของของเหลวที่วัดได้เปรียบเทียบกับความหนาแน่นจริง

สาร	ความหนาแน่นจากการทดลอง (kg/m^3)	ความหนาแน่นจริง (kg/m^3)	ความคลาดเคลื่อน (%)
น้ำมันปาล์ม	878.15	899.12	2.33
น้ำ	983.43	998.76	1.53
กลีเซอรอล	1,227.31	1,262.55	2.79
น้ำผึ้ง	1,331.88	1,361.63	2.18
		เฉลี่ย	2.21

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของของเหลวจากการทดลองโดยหาความชันของกราฟเปรียบเทียบกับความหนาแน่นจริง พบว่ามาโนมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อน 2.21% ดังนั้นมาโนมิเตอร์แบบ Arduino ที่สร้างขึ้นจึงมีประสิทธิภาพเท่ากับ 97.79%

3.5.3 กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนากิจกรรมการสอนจำนวน 2 ชุด ใช้เวลาสอน 8 ชั่วโมง ตามภาพที่ 3.7 ดังนี้



ภาพที่ 3.7 ลำดับขั้นตอนในการสร้างและกิจกรรมการสอน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบ สร้างและหาคุณภาพของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันแรงลอยตัว โดยศึกษาความเข้าใจหลักของแนวคิดและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่มักจะเกิดขึ้นกับนักเรียนรวมทั้งศึกษาหาแนวทางแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

3.5.3.2 ศึกษาทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับรูปแบบการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาลักษณะ ขั้นตอนของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และสร้างให้ตรงกับระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

3.5.3.3 จัดทำโครงร่างของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว แบ่งเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1) หัวข้อที่ 1 ความดันในของเหลว ประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมที่ 1 ปริมาตรของเหลวต่างกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 2 ความลึกมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร

กิจกรรมที่ 3 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกัน จะมีความดันต่างกันหรือไม่

2) หัวข้อที่ 2 แรงลอยตัว ประกอบด้วย 6 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมที่ 1 เมื่อหย่อนถุงชาลงในถ้วยชา น้ำหนักถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

กิจกรรมที่ 2 เมื่อปริมาตรวัตถุค่อยๆ จมลงในน้ำแรงลอยตัวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

กิจกรรมที่ 3 เมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำแรงลอยตัวจะเป็นอย่างไร

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 5 วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

กิจกรรมที่ 6 วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจะครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์ โดยเรียงเนื้อหาจากง่ายไปยากเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

3.5.3.4 นำ Worksheet และใบความรู้ ของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้แก่อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ฟิสิกส์ในมหาวิทยาลัยและครูฟิสิกส์ที่มีความเชี่ยวชาญในโรงเรียน ตรวจสอบฉบับร่างที่จัดทำขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องตามจุดประสงค์ ภาษาและรูปภาพ โดยได้รับคำแนะนำดังนี้

ตารางที่ 3.2 การปรับปรุงใบกิจกรรม

ที่	กิจกรรมเดิม	คำแนะนำ	กิจกรรมใหม่
1	รวม Worksheet เรื่องความดันและแรงลอยตัวอยู่ในชุดเดียวกัน	Worksheet ไม่ได้จัดขั้นตอนกิจกรรมที่เหมาะสมทำให้นักเรียนอาจเข้าใจยาก	ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงและแยก Worksheet ออกเป็น 2 เรื่อง ได้แก่ Worksheet ที่ 1 ความดันในของเหลวและ Worksheet ที่ 2 แรงลอยตัว
2	ไม่มีการให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง	ควรมีการให้นักเรียนทำนายผลการทดลองก่อนทดลองจริงเพื่อให้นักเรียนได้สนใจติดตามผล	ผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มกระบวนการทำนายและสร้างกระดาษทำนายเพิ่มเติม
3	เวลาในแต่ละหัวข้อกำหนดไว้ 3 ชั่วโมง	เวลาน้อยเกินไป ควรเพิ่มเวลาให้มากขึ้น	ผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มเวลาในแต่ละหัวข้อ จาก 3 ชั่วโมงเป็น 4 ชั่วโมง
4	มีการสาธิตการทดลองโดยครูผู้สอนร่วมกับให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง	ควรให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองให้มากขึ้น	ผู้วิจัยได้ทำการปรับกิจกรรมการทดลองโดยให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเป็นกลุ่มโดยมีครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

3.5.3.5 นำ Worksheet และใบความรู้ ของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.5.3.6 นำ Worksheet และใบความรู้ ของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว มาจัดพิมพ์ต้นฉบับเพื่อนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.5.4 แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ประกอบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.5.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยศึกษาความเข้าใจหลักของแนวคิดและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่มักจะเกิดขึ้นกับนักเรียนรวมทั้งศึกษาหาแนวทางแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

3.5.4.2 กำหนดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน กิจกรรมการทดลอง รวมทั้งการวัดและการประเมินผล โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ จากนั้นเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว จำนวน 2 แผน ใช้เวลาสอน ทั้งหมด 8 ชั่วโมง ดังนี้

(1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

(2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

โดยแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วยขั้นตอนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

(1) ขั้นที่ 1 นักเรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

(2) ขั้นที่ 2 นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้พวกเขาพัฒนาและอธิบายคำถามเชิงวิทยาศาสตร์นั้น

(3) ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

(4) ขั้นที่ 4 นักเรียนประเมินคำอธิบายที่นักเรียนสร้าง โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

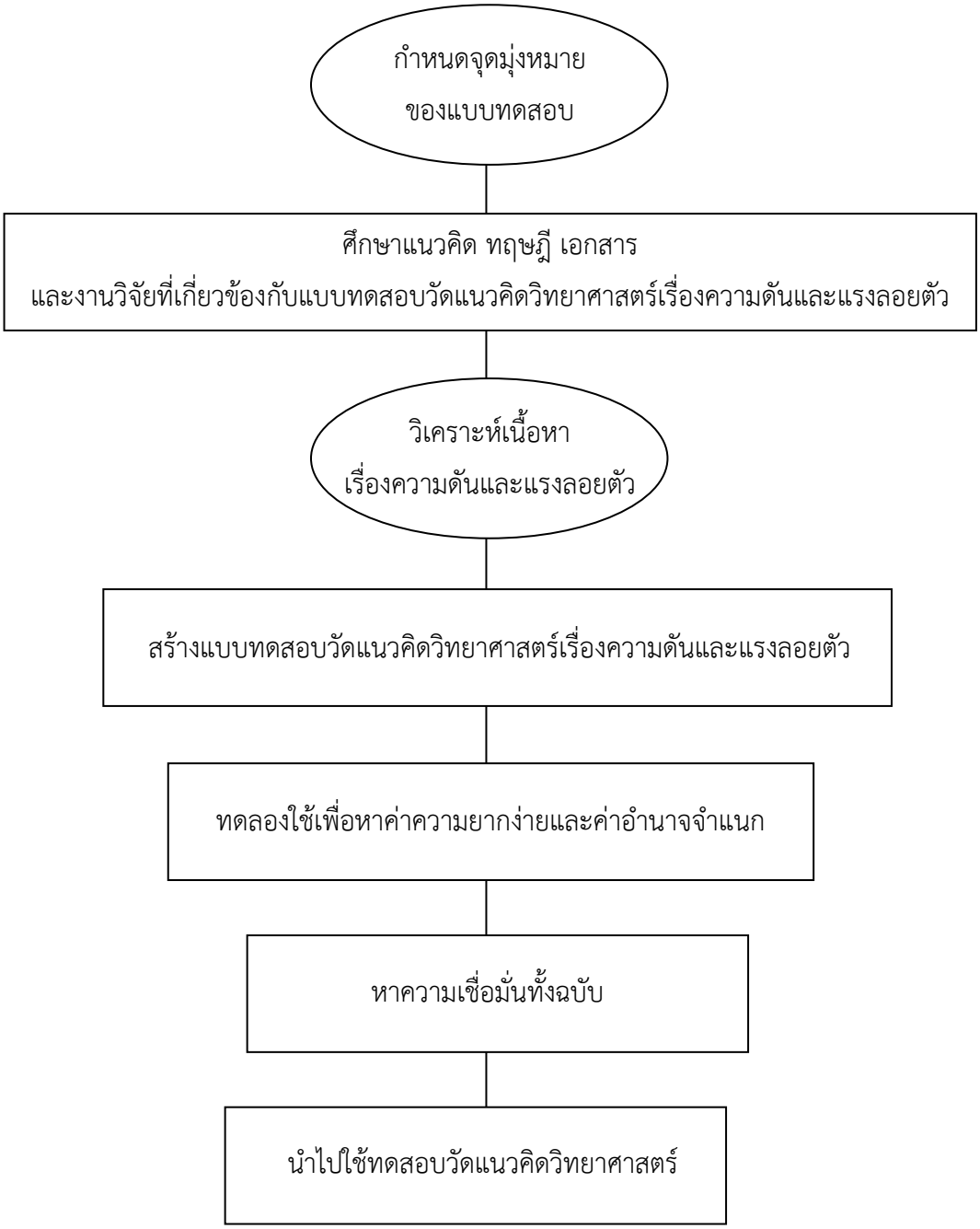
(5) ขั้นที่ 5 นักเรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง

3.5.4.3 ออกแบบและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ตรงตามเนื้อหาที่ถูกต้องและตรงตามจุดประสงค์จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดพิมพ์เรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องตามจุดประสงค์ ภาษาและรูปภาพที่ใช้ประกอบ

3.5.4.4 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ แล้วจัดพิมพ์เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ร่วมกับกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.5.5 แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวแบบเลือกตอบ 2 ระดับ (two-tier diagnostic test) โดยมีขั้นตอนการสร้างตามภาพที่ 3.8 ดังนี้



ภาพที่ 3.8 ลำดับขั้นในการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพแบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.5.5.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและจุดประสงค์

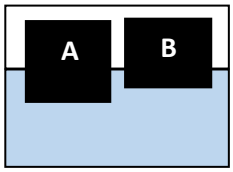
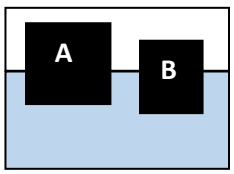
3.5.5.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสร้างแบบ

ทดสอบ

3.5.5.3 สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ให้ครอบคลุมเนื้อหาและมีสัดส่วนที่เหมาะสมตรงตามจุดประสงค์ ซึ่งแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ โดยขั้นที่ 1 นักเรียนต้องอ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบจาก 3 ตัวเลือก จากนั้นขั้นที่ 2 ให้อธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบนั้นโดยการเขียนเหตุผลตามความเข้าใจของตนเองจำนวน 16 ข้อ

3.5.5.4 นำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 16 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องทางฟิสิกส์ ความสอดคล้องกับจุดประสงค์โดยมีคำแนะนำและผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงดังนี้

ตารางที่ 3.3 การปรับปรุงแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ที่	แบบทดสอบเดิม	คำแนะนำ	แบบทดสอบใหม่
1	แบบทดสอบสอบเป็นแบบปรนัยแบบเลือกตอบเพียงอย่างเดียว	ควรเพิ่มแบบทดสอบที่มีเนื้อหาครอบคลุมตรงตามจุดประสงค์และมีความหลากหลาย	ทำการปรับแบบทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาตรงตามจุดประสงค์ มีลักษณะเป็นแบบ 2 tier มีทั้งแบบเลือกตอบและให้แสดงเหตุผลเพื่อวัดความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน
2	โจทย์ข้อที่ 8 วัตถุ A และ B มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกัน เมื่อใส่ไปในน้ำเกิดลอยทั้งคู่ ข้อใดสรุปถูกต้อง 	ควรทำให้วัตถุบริเวณที่จมน้ำของวัตถุ A และ B มีขนาดเท่ากัน	ทำการปรับรูปวัตถุ B ให้มีขนาดเล็กลงและทำให้ส่วนที่จมน้ำมีขนาดเท่ากัน 

3.5.5.6 หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วจึงนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน ซึ่งเคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% แล้วคัด

แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พบว่าแบบทดสอบทั้งหมด 16 ข้อ มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.44 ถึง 0.76 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 0.59 เพื่อความเหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาผู้วิจัยจึงคัดไว้เพียง 13 ข้อ แบ่งเป็นเรื่องความดันในของเหลว 6 ข้อ เรื่องแรงลอยตัว 7 ข้อ และนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR–21 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน ซึ่งแบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

3.5.5.7 นำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการหาค่าคุณภาพแล้วมาจัดพิมพ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6.1 ทำการทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว จำนวน 13 ข้อ เวลาสอบ 40 นาที

3.6.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ทั้งหมด 2 แผน ใช้เวลาสอน 8 ชั่วโมง

3.6.3 ระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้สังเกตจำนวน 2 คน บันทึกพฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนทุกๆ 2 นาที โดยบันทึกตามรหัส (Code) ที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยต้องอธิบายความหมายของรหัสที่ถูกต้องชัดให้แก่ผู้สังเกตก่อนการสังเกตจริงในชั้นเรียน

3.6.4 เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ซึ่งเป็นข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียนใช้เวลา 40 นาที เก็บรวบรวมผล การทดสอบไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.7.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ก่อนและหลังการเรียน ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยใช้คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test

3.7.2 วิเคราะห์ระดับผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นโดยใช้สถิติ Normalized gain

3.7.3 วิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนการสอนจากแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS) โดยใช้คะแนนเฉลี่ย

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.8.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิด

3.8.1.1 ความยาก-ง่าย (P) โดยใช้เทคนิค 27%

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L} \tag{3.1}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

R_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_L แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

N_H แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

3.8.1.2 อำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27%

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H} \tag{3.2}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

R_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_L แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

N_H แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง

3.8.1.3 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_{tt}) ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) สูตร KR-21

$$r_t = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\overline{X}(n - \overline{X})}{ns_t^2}\right\} \tag{3.3}$$

$$S_t^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2} \quad (3.4)$$

เมื่อ r_t คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนน
S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ
N คือ จำนวนนักเรียน

3.8.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.8.2.1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สูตรดังนี้

$$s = \sqrt{\frac{N\sum(X)^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3.5)$$

เมื่อ s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนดิบของนักเรียน
$\sum(X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนดิบของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสองทีละตัว
N แทน จำนวนคะแนนทั้งหมด
X แทน คะแนนของแต่ละคน

3.8.2.2 สถิติที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้ t – test (dependent)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{(n\sum D^2 - (\sum D)^2)}{n-1}}}, df = n - 1 \quad (3.6)$$

เมื่อ t แทน การทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
D แทน ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน
$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
$\sum D^2$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทุกคนยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียน

3.8.2.3 วิเคราะห์ระดับการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดที่เพิ่มขึ้นจริง โดยใช้ Normalized Gain <g> (Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = \frac{\text{(\% Post-test) - (\% Pre-test)}}{\text{100 - (\% Pre-test)}} \tag{3.7}$$

เมื่อ <g> แทน ค่า Normalized Gain

% Post-test แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% Pre-test แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ระดับของค่า Normalized Gain แบ่งได้ 3 ระดับ คือ

ระดับสูง (High gain) ค่าอยู่ระหว่าง $\langle g \rangle \geq 0.7$

ระดับปานกลาง (Medium gain) ค่าอยู่ระหว่าง $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

ระดับต่ำ (Low gain) ค่าอยู่ระหว่าง $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2562 โดยใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) แบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) รูปแบบการทดลองระยะเดียววิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase: Experimental Model by Quantitative Dominant) ระยะเวลาในการศึกษา 8 ชั่วโมง จากการวิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด

4.2 ผลการออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

4.3 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัวและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน เมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

4.4 ผลการศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

4.1 ผลการสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ด

มาโนมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีหัววัดความดันได้ 2 หัววัดไปพร้อมกัน อีกทั้งยังสามารถชั่งน้ำหนักวัตถุได้อีกด้วยซึ่งค่าที่วัดได้แสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD สามารถอ่านค่าได้ทันที ผู้วิจัยได้นำมาโนมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปหาประสิทธิภาพโดยการหาความหนาแน่นของของเหลว พบว่ามีความคลาดเคลื่อน 2.21% ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ร้อยละ 5 ตามที่ตั้งไว้ เนื่องจาก Arduino เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานง่ายและหัววัดมีการวัดค่าได้ถูกต้องแม่นยำ จึงทำให้มาโนมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

มีประสิทธิภาพตามต้องการ เนื่องจาก Arduino ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับครู ผู้เรียน และผู้ที่สนใจมากกว่าระบบอื่น ๆ (Arduino, 2020) โดยมีข้อดีได้แก่ ราคาไม่แพง สามารถหาซื้อได้ง่าย สามารถทำงานบน ระบบปฏิบัติการได้หลากหลายเช่น Windows, MacIntosh OSX และ Linux ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นส่วนใหญ่จะสามารถทำงานได้เพียงระบบปฏิบัติการเดียว คือ Windows เท่านั้นและแผนผังของบอร์ด Arduino ได้รับการเผยแพร่โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ผู้เริ่มต้นใช้งานที่ยังไม่มีประสบการณ์หรือผู้ออกแบบวงจรที่มีประสบการณ์สามารถสร้างโมดูลของตัวเองขยายและปรับปรุงได้ (เอกพงศ์ บัวชุม และคณะ, 2562)

4.2 ผลการออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผู้วิจัยได้ทำการการออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและนำมาวิเคราะห์ พบว่าระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของพฤติกรรมนักเรียน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญ	ระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์			
1. ผู้เรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์				ผู้เรียนสนใจคำถามจากผู้สอนหรือจากแหล่งอื่นที่กำหนด
2.ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล		ผู้เรียนได้รับการชี้แนะแนวทางในการเก็บข้อมูล		
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ	ผู้เรียนสร้างคำอธิบายหลังจากสรุปข้อมูลที่ได้จากหลักฐานทั้งหมด			
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้างโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนมีอิสระในการตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างไว้กับแหล่งข้อมูลอื่น			-

ตารางที่ 4.1 ผลของระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ลักษณะสำคัญ	ระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์			
5. ผู้เรียนนำเสนอสื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง	ผู้เรียนสร้างเหตุผลที่เป็นไปได้และมีตรรกะในการโต้แย้งอธิบายเหตุผล			
ผู้เรียน	**มาก** ⟵ **ปริมาณการเรียนรู้** ⟶ **น้อย**			
ผู้สอน	**น้อย** ⟵ **ปริมาณการชี้นำ** ⟶ **มาก**			

ผลการวิเคราะห์พบว่ากิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามลักษณะสำคัญดังนี้ 1) ผู้เรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ลักษณะสำคัญนี้นักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่น้อยที่สุด โดยที่ครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำที่มากที่สุดเนื่องจากครูผู้สอนได้กำหนดหัวข้อให้นักเรียนศึกษาเพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนครูผู้สอนจึงได้กำหนดคำถามขึ้นมาเอง 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ลักษณะสำคัญของหัวข้อนี้ นักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่ปานกลางค่อนไปทางมากที่สุดเนื่องจากนักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตนเองโดยกระบวนการกลุ่มบันทึกผลที่เกิดขึ้นและครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำน้อยแต่ก็ยังต้องมีการแนะนำเพื่อให้นักเรียนทำการทดลองได้ถูกต้อง สำหรับลักษณะสำคัญข้อ 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ 4) ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้างโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 5) ผู้เรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง ลักษณะสำคัญใน 3 หัวข้อนี้ พบว่านักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่มากที่สุดและครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำที่น้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนมีอิสระในการเก็บข้อมูลการทดลองนักเรียนเห็นผลการทดลองที่เกิดขึ้นแล้วสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ตรวจสอบ เชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างอิสระ และสามารถสื่อสารแสดงผลงานของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังได้ถูกนำไปใช้ในห้องเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่องวัฏจักรเครบส์ในการสลายสารอาหารระดับเซลล์ด้วยการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) (สุภาพร พรไตร, 2559)

4.3 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ (two-tier diagnostic test) จำนวน 13 ข้อ วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ โดยประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องความดันในของเหลว 6 ข้อ และแรงลอยตัว 7 ข้อ เมื่อทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแล้ว ได้ผลการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ผลคะแนน	จำนวน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	df	p
ก่อนเรียน	30	26	8.67	3.67	34.47	29	0.00*
หลังเรียน	30	26	20.43	3.30			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{.05}$=1.69)

จากการสรุปคะแนนวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 30 คน โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยใช้แบบทดสอบจำนวน 13 ข้อ คิดเป็น 26 คะแนน โดยจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.67 และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.43 เมื่อทดสอบค่าที (t-test) มีค่าเท่ากับ 34.47 ซึ่งมากกว่าค่า t วิกฤติ ที่มีค่าเท่ากับ 1.69 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนด้วยวิธีหาค่า average normalized gain, <g> โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์ทั้งหมด 4 กรณี คือ 1) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้น (Class normalized gain) 2) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain) 3) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของข้อสอบรายข้อ (Single test item normalized gain) และ 4) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain) โดยวิเคราะห์ตามลำดับดังนี้

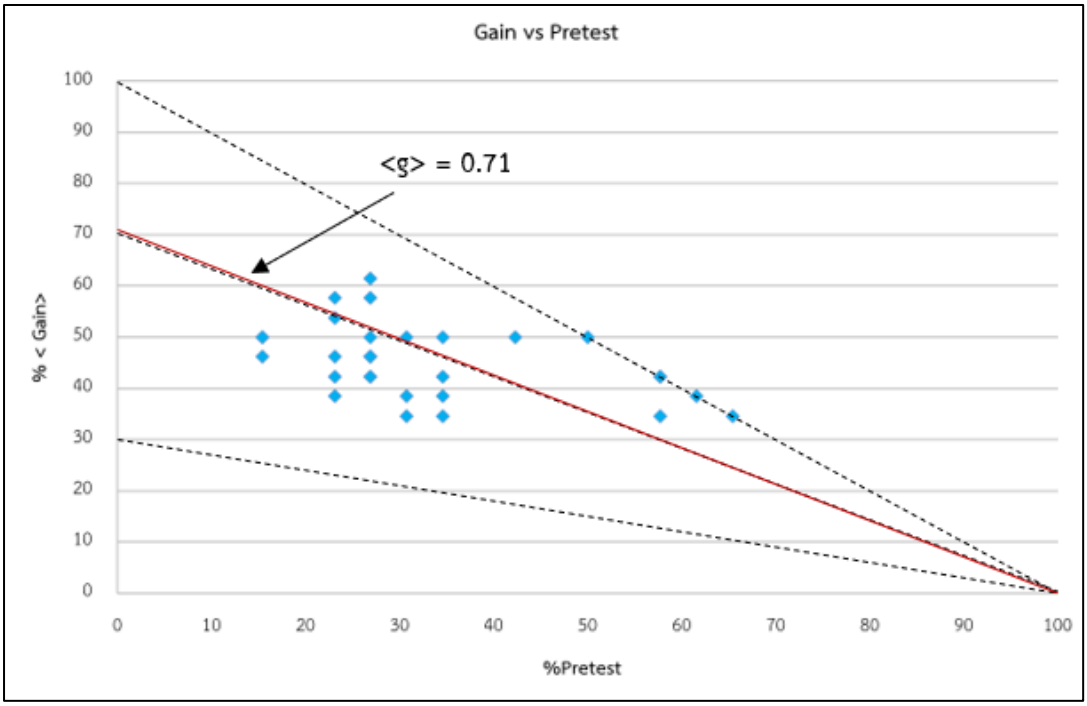
4.3.1.1 วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้น พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อดูพัฒนาการของการจัดเรียนการสอนโดยภาพรวม ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้น โดยใช้วิธี average normalized gain, <g>

หัวข้อ	%Pre - test	%Post - test	%Actual gain	%Possible gain	Avg. <g>
ความดันและแรงลอยตัว	33.33	78.58	45.25	66.67	0.71

จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้น โดยใช้คะแนนเฉลี่ยทั้งชั้นเรียนจากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย normalized gain, <g> พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของชั้นเรียน มีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูง High gain แสดงว่านักเรียนทั้งชั้นมีผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) เป็น 0.71 เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเป็นไปได้ (maximum possible gain) คิดเป็นร้อยละ 71 สามารถอธิบายได้ว่า ก่อนจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันและแรงลอยตัว นักเรียนทั้งชั้นเรียนได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เฉลี่ยทั้งชั้นมีค่าน้อย แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว แล้วทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนสามารถทำคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้น

4.3.1.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยการวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งจะใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย normalized gain <g> รายบุคคล ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %pretest กับ %<gain> ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

จากกราฟคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยแกน X คือค่าร้อยละของคะแนนก่อนเรียน (%pretest) และแกน Y คือร้อยละผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง %<gain> เส้นประ คือ เส้นที่แสดงการแบ่งช่วงของระดับค่า Normalized gain โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนโดยเส้นแบ่งระดับสูงกับระดับปานกลาง แบ่งโดยเส้น %<gain> เท่ากับ 70% และเส้นแบ่งระดับปานกลางกับระดับต่ำแบ่งโดยเส้น %<gain> เท่ากับ 30% และเส้นประที่ %<gain> เท่ากับ 100% คือค่าที่สูงที่สุดที่ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงจะเพิ่มขึ้นได้ ส่วนเส้นทึบ คือ เส้นกราฟที่แสดงค่าเฉลี่ย normalized gain ของชั้นเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ 2 ระดับ คือ 1) ระดับสูง (High gain) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 และ 2) ระดับปานกลาง (Medium gain)

จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain)

4.3.1.3 วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายข้อ โดยการวิเคราะห์จะพิจารณาจากจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นของข้อสอบในแต่ละข้อ ซึ่งข้อมูลจะได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายข้อ

ข้อที่	%Pre – test	%Post - test	%Actual gain	%Possible gain	Avg. <g>
1	43.33	90.00	46.67	56.67	0.82 (H)
2	43.33	86.67	43.33	56.67	0.76 (H)
3	50.00	83.33	33.33	50.00	0.67 (M)
4	46.67	80.00	33.33	53.33	0.63 (M)
5	46.67	76.67	30.00	53.33	0.56 (M)
6	46.67	83.33	36.67	53.33	0.69 (M)
7	50.00	76.67	26.67	50.00	0.53 (M)
8	50.00	86.67	36.67	50.00	0.73 (H)
9	50.00	86.67	36.67	50.00	0.73 (H)
10	50.00	83.33	33.33	50.00	0.67 (M)
11	46.67	86.67	40.00	53.33	0.75 (H)
12	36.67	83.33	46.67	63.33	0.74 (H)
13	36.67	76.67	40.00	63.33	0.63 (M)

จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายข้อ โดยพิจารณาจากคะแนนของนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นของแบบทดสอบในแต่ละข้อ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนในการทำแบบทดสอบในแต่ละข้อสามารถแสดงถึงความก้าวหน้าของความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของข้อในแต่ละข้อเพิ่มขึ้นได้ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนของนักเรียนสามารถแบ่งระดับ

ความก้าวหน้ารายข้อออกเป็น 2 ระดับ คือ 1) ความก้าวหน้าที่อยู่ในระดับสูง มี 6 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.15 ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 8, 9, 11 และ 12 โดยข้อที่มีความก้าวหน้ามากที่สุด 3 ลำดับแรกได้แก่ ข้อที่ 1 มี <g> เท่ากับ 0.82 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับความดันของน้ำที่มีความลึกเท่ากันแต่มีปริมาตรของน้ำต่างกันจะมีความดันเป็นอย่างไร ข้อที่ 2 มี <g> เท่ากับ 0.76 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับความดันของน้ำที่มีความลึกต่างกันและมีปริมาตรของน้ำต่างกันด้วยจะมีความดันเป็นอย่างไรและข้อที่ 11 มี <g> เท่ากับ 0.75 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการหาค่าแรงลอยตัวขณะที่แท่งไม่ลอยอยู่นิ่งในน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่าคำถามทั้ง 3 ข้อได้กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนจากนั้นให้ลงมือสืบเสาะหาคำตอบด้วยการทดลองที่นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น 2) ความก้าวในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับปานกลาง มี 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.85 ได้แก่ ข้อ3, 4, 5, 6, 7, 10 และ 13 ซึ่งพบว่าไม่มีข้อสอบข้อใดเลยที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ แสดงว่าเมื่อนักเรียน เรียนด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นในทุกข้อคำถาม

4.3.1.4 วิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดตามแต่ละหัวข้อ โดยการวิเคราะห์นั้นจะพิจารณาจากจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นของข้อสอบในแต่ละแนวคิดรวบยอด สำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้จะใช้ผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อในตารางที่ 4.3 มาจัดกลุ่มแนวคิดรวบยอดเป็น 2 หัวข้อ คือ หัวข้อที่ 1 แนวคิดรวบยอดเรื่องความดันในของเหลว ข้อสอบที่นำมาพิจารณามีจำนวน 6 ข้อ คือข้อที่ 1 – 6 และหัวข้อที่ 2 แนวคิดรวบยอดเรื่องแรงลอยตัว ข้อสอบที่นำมาพิจารณามีจำนวน 7 ข้อ คือข้อที่ 7 – 13 ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดตามแต่ละหัวข้อ

แนวคิด	ระดับความก้าวหน้า	ข้อที่
ความดันในของเหลว	High gain	1, 2
	Medium gain	3, 4, 5, 6
	Low gain	-
แรงลอยตัว	High gain	8, 9, 10, 12
	Medium gain	7, 11, 13
	Low gain	-

ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าของความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ คือ 1) แนวคิดรวบยอดเรื่องความดันในของเหลว มีระดับความก้าวหน้าอยู่ 2 ระดับ คือ ระดับสูง ได้แก่ข้อสอบข้อที่ 1, 2 และระดับปานกลาง ได้แก่ ข้อ 3, 4, 5, 6 และ 2) ความก้าวหน้าของความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดเรื่องแรงลอยตัว มี 2 ระดับเช่นเดียวกัน คือระดับสูง ได้แก่ข้อสอบข้อที่ 8, 9, 10, 12 และระดับปานกลาง ได้แก่ข้อ 7, 11, 13 และพบว่าไม่มีความก้าวหน้าของข้อสอบที่อยู่ในระดับต่ำ ทั้ง 2 แนวคิด นอกจากนี้มีการวิเคราะห์ความก้าวหน้าเฉลี่ยรวมของทั้ง 2 แนวคิด ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดเฉลี่ยตามแต่ละหัวข้อ

หัวข้อ	%Pre - test	%Post - test	%Actual gain	%Possible gain	Avg. <g>
ความดันในของเหลว	35.00	78.89	43.89	65.00	0.67
แรงลอยตัว	31.90	78.33	46.43	68.10	0.68

ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอดเฉลี่ยตามแต่ละหัวข้อ จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดเฉลี่ยเรื่องความดันในของเหลว มีค่า normalized gain <g> เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดเฉลี่ยเรื่องแรงลอยตัว มีค่า normalized gain <g> เท่ากับ 0.68 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

จากผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มต้นจากการตั้งคำถามและให้นักเรียนแสดง ความคิดเริ่มต้นของนักเรียนว่ามีความคิดเห็นอย่างไรและนำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลำดับถัดไป นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การสร้างกิจกรรมเพื่อก่อให้เกิดการอภิปรายในชั้นเรียนและสามารถจัดเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและต้องการสำรวจหาแนวคิดเพื่อให้ได้คำอธิบายที่ถูกต้อง (White et al., 1992) ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริง เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือทำจริง แทนที่จะฟังเพียงแค่ครูหรือผู้สอนบรรยายเพียงอย่างเดียว แต่เป็นลักษณะที่มีการกำหนดหัวข้อแล้วผู้เรียนเข้าไปมีร่วมเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานบางสิ่งขึ้นมา กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ

ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ควบคู่กับทักษะกระบวนการทางวิทยศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงอีกด้วย (ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ, 2554) และกระบวนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นกลยุทธ์หนึ่งของการเรียนการสอน สำหรับการเรียนรู้ในปรากฏการณ์และแนวคิดทางฟิสิกส์ อีกทั้งยังสะท้อนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Campbell, 2012)

4.4 ผลการศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ผู้วิจัยได้มีการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนในชั้นเรียนโดยใช้ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 คน โดยบันทึกผลการสังเกตลงในแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS ซึ่งผลที่ได้จากการสังเกตของผู้สังเกตทั้ง 2 คน และจะนำพฤติกรรมที่ผู้สังเกตทั้ง 2 คน เห็นตรงกันเท่านั้นมาวิเคราะห์ ซึ่งรายละเอียดของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

4.4.1 พฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนขณะการจัดการเรียนรู้ในเรื่องความดันในของเหลว

การจัดการเรียนรู้ในหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อหาคำตอบของปัญหาและข้อสงสัย โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 240 นาที ตลอดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จะมีการบันทึกพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนและครูผู้สอน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว

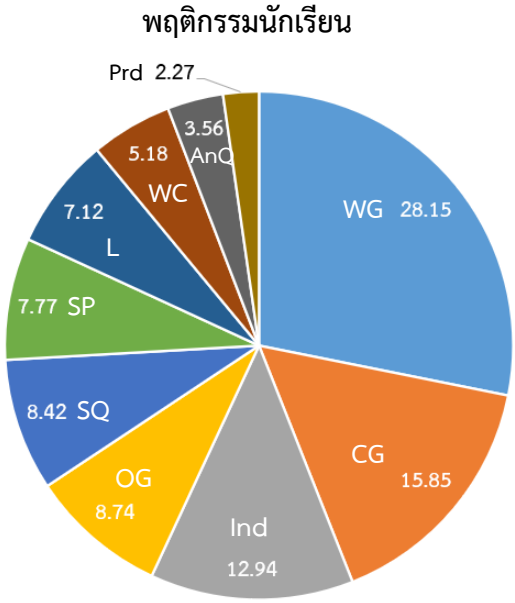
Code ของนักเรียน	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม(%B)	Code ของครู	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม (%B)
L	7.12	***Lec***	9.17
Ind	12.94	***RtW***	3.33
CG	15.85	***FUp***	46.67
WG	28.15	***PQ***	7.50
OG	8.74	***CQ***	**0**
AnQ	3.56	***AnQ***	13.33
SQ	8.42	***MG***	27.50

ตารางที่ 4.7 จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว (ต่อ)

Code ของนักเรียน	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม(%B)	Code ของครู	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม (%B)
WC	5.18	***1o1***	23.33
Prd	2.27	***D/V***	0
SP	7.77	***Adm***	0
TQ	0	***W***	0
W	0	***O***	0
O	0		

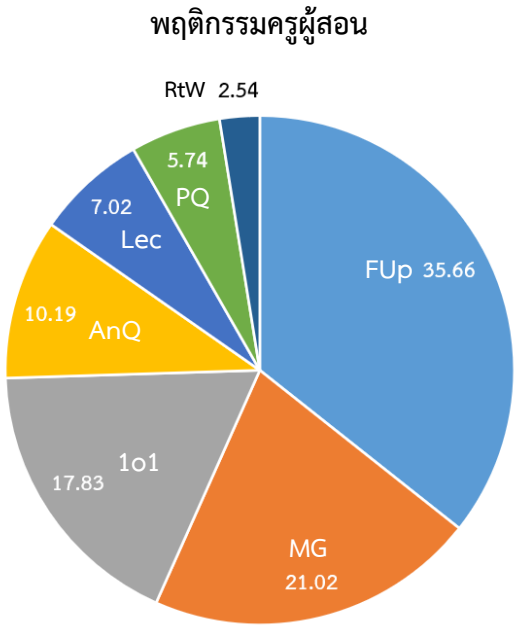
ข้อมูลจากการวิเคราะห์ผลการสังเกตที่ได้จากแบบสังเกต COPUS ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าร้อยละของความถี่ในแต่ละพฤติกรรม (%B) โดยหาจากร้อยละของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ของพฤติกรรมนั้นจากกิจกรรมนี้ใช้เวลา 240 นาที เมื่อบันทึกพฤติกรรมทุกๆ 2 นาที ดังนั้นจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้เท่ากับ 120 ครั้ง ผลจากตารางพบว่า นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.15 ของพฤติกรรมนี้ที่จะสามารถแสดงออกมาได้ รองลงมาคือ การอภิปรายคำถามภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 15.85 จากนั้นนักเรียนแก้ปัญหา/คิดส่วนบุคคล (Ind) คิดเป็นร้อยละ 12.94 ทำกิจกรรมกลุ่มที่มอบหมายอื่นๆ (OG) คิดเป็นร้อยละ 8.74 นักเรียนตอบคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 8.42 นักเรียนนำเสนอ (SP) คิดเป็นร้อยละ 7.77 ฟังอาจารย์ผู้สอน (L) คิดเป็นร้อยละ 7.12 มีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) ร้อยละ 5.18 นักเรียนตอบคำถามหลังจากที่ได้ฟังคำถาม (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 3.56 คาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์ของการสาธิต (Prd) คิดเป็นร้อยละ 2.27 ตามลำดับ ส่วนพฤติกรรมของครูที่แสดงออกมามากที่สุด คือ การติดตาม / การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) คิดเป็นร้อยละ 46.67 รองลงมาคือ การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 27.50 การสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1o1) คิดเป็นร้อยละ 23.33 การฟังและการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 13.33 การบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 9.17 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 7.50 และการเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 3.33 ตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์ผลของพฤติกรรมเพื่อดูค่าร้อยละของพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละพฤติกรรม ($\%B_t$) เมื่อเทียบกับพฤติกรรมทั้งหมด ผลของการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนในหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว

ผลการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) มากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 28.15 ของพฤติกรรมที่แสดงออกมาทั้งหมด รองลงมาเป็นการอภิปรายภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 15.85 จากนั้นการคิดแก้ปัญหาโดยตัวนักเรียนเอง (Ind) คิดเป็นร้อยละ 12.94 ทำกิจกรรมกลุ่มอื่นๆ เช่นตอบคำถาม (OG) คิดเป็นร้อยละ 8.74 นักเรียนถามคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 8.42 การนำเสนอโดยนักเรียน (SP) คิดเป็นร้อยละ 7.77 การฟัง (L) คิดเป็นร้อยละ 7.12 มีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) คิดเป็นร้อยละ 5.18 การตอบคำถามหลังจากที่นักเรียนได้ฟังคำถามของครูผู้สอน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 3.56 และการคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์จากการสาธิตการทดลอง (Prd) คิดเป็นร้อยละ 2.27 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนในหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว

จากหัวข้อที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว ครูผู้สอนได้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการติดตามหรือการให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.66 รองลงมา คือการเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 21.02 จากนั้น การสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1o1) คิดเป็นร้อยละ 17.83 การฟังและการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 10.19 เป็นการบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 7.02 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 5.74 และการเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 2.54 ตามลำดับ

4.4.2 พฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนขณะการจัดการเรียนรู้ในเรื่องแรงลอยตัว

การจัดการเรียนรู้ในหัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อหาคำตอบของปัญหาและข้อสงสัย โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 240 นาที ตลอดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จะมีการบันทึกพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนและครูผู้สอน ดังแสดงในดังตารางที่ 4.8

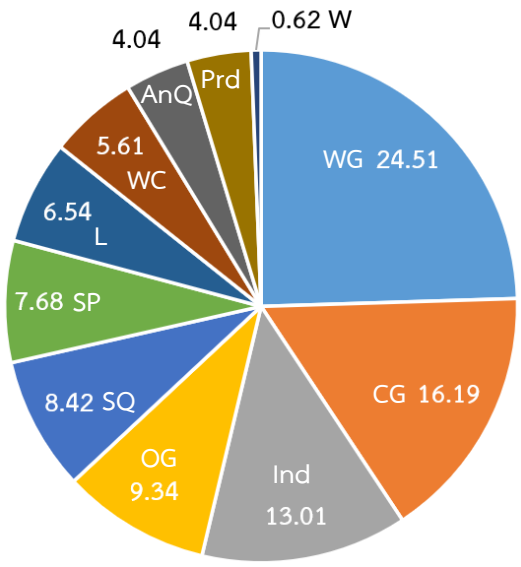
ตารางที่ 4.8 จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว

Code ของนักเรียน	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม(%B)	Code ของครู	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม (%B)
L	17.50	*Lec*	10.00
Ind	35.00	***RtW***	5.00
CG	43.33	***FUp***	45.83
WG	65.83	***PQ***	8.33
OG	25.00	***CQ***	**0**
AnQ	10.83	***AnQ***	27.50
SQ	21.67	***MG***	25.83
WC	15.00	***1o1***	11.67
Prd	10.83	***D/V***	0
SP	20.83	***Adm***	1.67
TQ	0	***W***	**0**
W	1.67	***O***	**0**
O	0		

ผลการสังเกตที่ได้จากแบบสังเกต COPUS ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าร้อยละของความถี่ในแต่ละพฤติกรรม (%B) โดยหาจากร้อยละของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ของพฤติกรรมนั้นจากกิจกรรมนี้ใช้เวลา 240 นาที เมื่อบันทึกพฤติกรรมทุก ๆ 2 นาที ดังนั้นจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้เท่ากับ 120 ครั้ง ผลจากตารางพบว่า นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.83 รองลงมาคือการอภิปรายคำถามภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 43.33 จากนั้น นักเรียนแก้ปัญหา/คิดด้วยตนเอง (Ind) คิดเป็นร้อยละ 35.00 การทำกิจกรรมกลุ่มที่มอบหมายอื่น ๆ (OG) คิดเป็นร้อยละ 25.00 การตอบคำถามของนักเรียน (SQ) คิดเป็นร้อยละ 21.67 การนำเสนอโดยนักเรียน (SP) คิดเป็นร้อยละ 20.83 การฟังอาจารย์ผู้สอน (L) คิดเป็นร้อยละ 17.50 การมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) คิดเป็นร้อยละ 15.00 การตอบคำถามของนักเรียนหลังจากที่ได้ฟังคำถาม (AnQ) และการคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์ของการสาธิต (Prd) แสดงพฤติกรรมเท่ากันคือคิดเป็นร้อยละ 10.83 และนักเรียนกำลังรอผู้สอน (W) คิดเป็นร้อยละ 1.67 ตามลำดับ ส่วนพฤติกรรมของครูที่แสดงออกมามากที่สุด คือ การติดตาม / การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) คิดเป็นร้อยละ

45.83 รองลงมาคือการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 27.50 การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 25.83 การสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1 o1) คิดเป็นร้อยละ 11.67 การบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 10.00 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 8.33 การเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 5.00 และการมอบหมายการบ้านหรือแบบฝึกหัด (Adm) คิดเป็นร้อยละ 1.67 ตามลำดับ

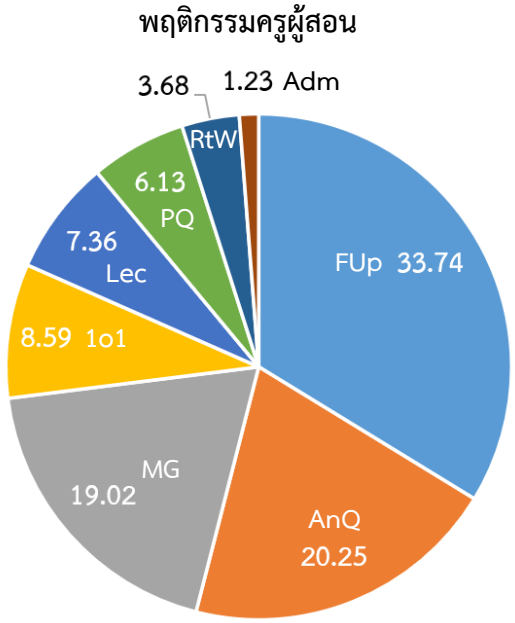
จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์ผลของพฤติกรรมเพื่อดูค่าร้อยละของพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละพฤติกรรม ($\%B_t$) เมื่อเทียบกับพฤติกรรมทั้งหมด ผลของการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.4 ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนในหัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว

พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) คิดเป็นร้อยละ 24.51 ของพฤติกรรมที่แสดงออกมาทั้งหมด รองลงมาคือการอภิปรายภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 16.19 จากนั้น การคิดแก้ปัญหาโดยตัวนักเรียนเอง (Ind) คิดเป็นร้อยละ 13.01 การทำกิจกรรมกลุ่มอื่นๆ เช่นตอบคำถาม (OG) คิดเป็นร้อยละ 9.34 นักเรียนถามคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 8.42 การนำเสนอโดยนักเรียน (SP) คิดเป็นร้อยละ 7.68 การฟัง (L) คิดเป็นร้อยละ 6.54 การมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) คิดเป็นร้อยละ 5.61 การตอบคำถามหลังจากที่นักเรียนได้ฟังคำถามของครูผู้สอน (AnQ) และการคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์จากการสาธิต

การทดลอง (Prd) มีการแสดงพฤติกรรมออกมาที่เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 4.04 และนักเรียนกำลังรอผู้สอนในการดำเนินกิจกรรม (W) คิดเป็นร้อยละ 0.62 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนในหัวข้อที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว

ครูผู้สอนได้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการติดตาม / การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.74 รองลงมา คือ การฟังและการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 20.25 จากนั้น การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 19.02 การสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1o1) คิดเป็นร้อยละ 8.59 การบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 7.36 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 6.13 การเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 3.68 และการมอบหมายการบ้านหรือแบบฝึกหัด (Adm) คิดเป็นร้อยละ 1.23 ตามลำดับ

4.4.3 พฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว จำนวน 480 นาที ตลอดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จะมีการบันทึกพฤติกรรมการแสดงออกของครูและนักเรียน ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.9

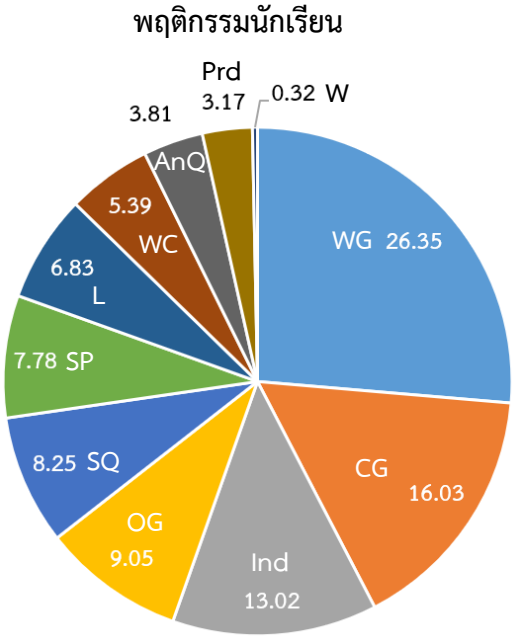
ตารางที่ 4.9 จำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

Code ของนักเรียน	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม(%B)	Code ของครู	ร้อยละความถี่ของพฤติกรรม (%B)
L	17.91	***Lec***	9.58
Ind	34.16	***RtW***	4.17
CG	42.08	***FUp***	46.25
WG	69.16	***PQ***	7.91
OG	23.75	***CQ***	0
AnQ	10.00	***AnQ***	20.41
SQ	21.67	***MG***	26.67
WC	14.17	***1o1***	17.50
Prd	8.33	***D/V***	0
SP	20.41	***Adm***	0.83
TQ	0	***W***	0
W	0.83	***O***	0
O	0		

การวิเคราะห์ผลการสังเกตที่ได้จากแบบสังเกต COPUS แสดงจำนวนร้อยละความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าร้อยละของความถี่ในแต่ละพฤติกรรม (%B) โดยหาจากร้อยละของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ของพฤติกรรมนั้น ตลอดกิจกรรมนี้ใช้เวลาทั้งหมด 480 นาที เมื่อบันทึกพฤติกรรมทุก ๆ 2 นาที ดังนั้นจำนวนครั้งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้เท่ากับ 240 ครั้ง ผลจากตารางพบว่า นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 69.16 รองลงมาคือ การอภิปรายคำถามภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 42.08 จากนั้น การให้นักเรียนแก้ปัญหา/คิดส่วนบุคคล (Ind) คิดเป็นร้อยละ 34.16 การทำกิจกรรมกลุ่มที่มอบหมายอื่น ๆ (OG) คิดเป็นร้อยละ 23.75 นักเรียนตอบคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 21.67 การนำเสนอโดยนักเรียน(SP) คิดเป็นร้อยละ 20.41 การฟังอาจารย์ผู้สอน (L) คิดเป็นร้อยละ 17.91 การมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC)

คิดเป็นร้อยละ 14.17 การตอบคำถามของนักเรียนหลังจากที่ได้ฟังคำถาม (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 10.00 การคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์ของการสาธิต (Prd) และการรอผู้สอนของนักเรียน (W) มีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ตามลำดับ โดยพฤติกรรมที่ไม่ได้เกิดขึ้นในชั้นเรียน ได้แก่ การทดสอบหรือตอบคำถาม (TQ) และพฤติกรรมอื่นๆ (O)

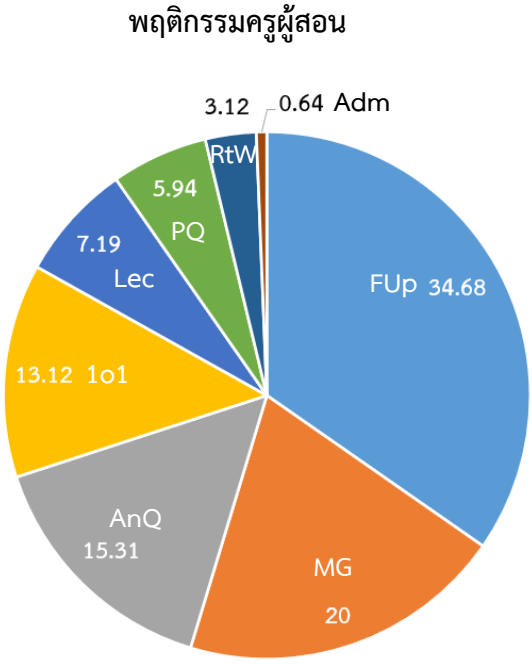
จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์ผลของพฤติกรรมเพื่อดูค่าร้อยละของพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละพฤติกรรม ($\%B_t$) เมื่อเทียบกับพฤติกรรมทั้งหมดตลอดการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ผลของการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.6 และ 4.7



ภาพที่ 4.6 ร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุดตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว คือการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) คิดเป็นร้อยละ 26.35 ของพฤติกรรมที่แสดงออกมาทั้งหมด รองลงมาคือการอภิปรายภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 16.03 จากนั้น การคิดแก้ปัญหาโดยตัวนักเรียนเอง (Ind) คิดเป็นร้อยละ 13.02 การทำกิจกรรมกลุ่มอื่นๆ เช่นตอบคำถาม (OG) คิดเป็นร้อยละ 9.05 นักเรียนถามคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 8.25 การนำเสนอโดยนักเรียน (SP) คิดเป็นร้อยละ 7.78 การฟัง (L) คิดเป็นร้อยละ 6.83 การมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) คิดเป็นร้อยละ 5.39 การตอบคำถามหลังจากที่นักเรียนได้ฟังคำถามของครูผู้สอน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 3.81 การคาดการณ์

เกี่ยวกับผลลัพธ์จากการสาธิตการทดลอง (Prd) คิดเป็นร้อยละ 3.17 และนักเรียนกำลังรอผู้สอนในการดำเนินกิจกรรม (W) คิดเป็นร้อยละ 0.32 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ร้อยละของพฤติกรรมครูผู้สอนตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

พฤติกรรมที่ครูผู้สอนแสดงออกมากที่สุดตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว คือ การติดตาม/การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) คิดเป็นร้อยละ 34.68 รองลงมา คือ การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 20.00 จากนั้น การฟังและการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 15.31 จากนั้นการสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1o1) คิดเป็นร้อยละ 13.12 การบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 7.19 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 5.94 การเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 3.12 และการมอบหมายการบ้าน หรือแบบฝึกหัด (Adm) คิดเป็นร้อยละ 0.64 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนของนักเรียนและครูผู้สอนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว พบว่ามีการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) คือกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง เน้นการสำรวจ สืบเสาะ แก้ปัญหา โดยที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในในการทำกิจกรรมมากกว่าการนั่งฟัง

เพียงอย่างเดียว การจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะหลายด้านไปพร้อม ๆ กัน รวมทั้งมีการคิดขั้นสูง เช่นการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การมีความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีโอกาสแสดงทัศนคติของตนเอง (Bonwell, 1991) ครูผู้สอนลดการสอนแบบบรรยายลงเน้นการออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ครูคอยแนะนำและอำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ การวางแผนและออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จัดหาสื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในยุคศตวรรษที่ 21

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดที่มีประสิทธิภาพ สามารถวัดค่าได้ถูกต้อง แม่นยำ เพื่อออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว เพื่อสังเกตและศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยมีข้อสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างมาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดพบว่ามาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.21 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ตามที่ตั้งไว้ แสดงว่ามาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ได้

5.1.2 ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวและนำไปใช้ในกิจกรรมการสอน พบว่า มีระดับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามลักษณะสำคัญดังนี้ 1) ผู้เรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ลักษณะสำคัญนี้นักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่น้อยที่สุด โดยที่ครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำที่มากที่สุดเนื่องจากครูผู้สอนได้กำหนดหัวข้อให้นักเรียนศึกษาเพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนครูผู้สอนจึงได้กำหนดคำถามขึ้นมาเอง 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ลักษณะสำคัญของหัวข้อนี้ นักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่ปานกลางค่อนไปทางมากที่สุด เนื่องจากนักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตนเองโดยกระบวนการกลุ่มบันทึกผลที่เกิดขึ้นและครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำน้อยแต่ก็ยังต้องมีการแนะนำเพื่อให้นักเรียนทำการทดลองได้ถูกต้อง สำหรับลักษณะสำคัญข้อ 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ 4) ผู้เรียนประเมินคำอธิบายที่ผู้เรียนสร้างโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 5) ผู้เรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง ลักษณะสำคัญใน 3 หัวข้อนี้ พบว่านักเรียนมีปริมาณการเรียนรู้ที่มากที่สุดและครูผู้สอนมีปริมาณการชี้นำที่น้อยที่สุด

เนื่องจากนักเรียนมีอิสระในการเก็บข้อมูลการทดลองนักเรียนเห็นผลการทดลองที่เกิดขึ้นแล้วสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองตรวจสอบ เชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างอิสระ และสามารถสื่อสารแสดงผลงานของตนเอง

5.1.3 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนด้วยวิธีหาค่า average normalized gain, <g> โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์ทั้งหมด 4 กรณี คือ 1) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งชั้น (Class normalized gain) 2) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain) 3) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของข้อสอบรายข้อ (Single test item normalized gain) และ 4) วิเคราะห์ความก้าวหน้าในแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain) โดยสรุปผลได้ตามลำดับ ดังนี้ 1) ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของชั้นเรียน มีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (High gain) แสดงว่านักเรียนทั้งชั้นมีผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) เป็น 0.71 เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเป็นไปได้ (maximum possible gain) คิดเป็นร้อยละ 71 2) นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ 2 ระดับ คือ ระดับสูง (High gain) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 และระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าทางเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) 3) ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนของนักเรียนสามารถแบ่งระดับความก้าวหน้ารายข้อออกเป็น 2 ระดับ คือ ความก้าวหน้าที่อยู่ในระดับสูง มี 6 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.15 ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 8, 9, 10 และ 12 ความก้าวในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับปานกลาง มี 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.85 ได้แก่ ข้อ 3, 4, 5, 6, 7, 11 และ 13 ซึ่งพบว่าไม่มีข้อสอบข้อใดเลยที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ 4) นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดเฉลี่ยเรื่องความดันในของเหลว มีค่า normalized gain <g> เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และความเข้าใจในแนวคิดรวบยอดเฉลี่ยเรื่องแรงลอยตัว มีค่า normalized gain <g> เท่ากับ 0.68 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

5.1.4 ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในชั้นเรียนของนักเรียนและครูผู้สอนเมื่อใช้กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน COPUS พบว่า ตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือการทำงานเป็นกลุ่มด้วยใบกิจกรรม (WG) คิดเป็นร้อยละ 26.35 ของพฤติกรรมที่แสดงออกมาทั้งหมด รองลงมาคือการอภิปรายภายในกลุ่ม (CG) คิดเป็นร้อยละ 16.03 จากนั้น การคิดแก้ปัญหาโดยตัวนักเรียนเอง (Ind) คิดเป็นร้อยละ 13.02 การทำกิจกรรมกลุ่มอื่น ๆ เช่นตอบคำถาม (OG) คิดเป็นร้อยละ 9.05

นักเรียนถามคำถาม (SQ) คิดเป็นร้อยละ 8.25 การนำเสนอโดยนักเรียน (SP) คิดเป็นร้อยละ 7.78 การฟัง (L) คิดเป็นร้อยละ 6.83 การมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน (WC) คิดเป็นร้อยละ 5.39 การตอบคำถามหลังจากที่นักเรียนได้ฟังคำถามของครูผู้สอน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 3.81 การคาดการณ์เกี่ยวกับผลลัพธ์จากการสาธิตการทดลอง (Prd) คิดเป็นร้อยละ 3.17 และนักเรียนกำลังรอผู้สอนในการดำเนินกิจกรรม (W) คิดเป็นร้อยละ 0.32 ตามลำดับ และพบว่า ตลอดการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว พฤติกรรมที่ครูผู้สอนแสดงออกมากที่สุด คือ การติดตาม / การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำถามหรือกิจกรรมทั้งชั้นเรียน (FUp) คิดเป็นร้อยละ 34.68 รองลงมา คือ การเคลื่อนย้ายในชั้นเรียนเพื่อชี้นำการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (MG) คิดเป็นร้อยละ 20.00 จากนั้น การฟังและการตอบคำถามนักเรียนทั้งชั้นเรียน (AnQ) คิดเป็นร้อยละ 15.31 จากนั้นการสนทนาแบบตัวต่อตัวกับบุคคลหนึ่งหรือสองสามคนโดยไม่ให้ความสนใจกับส่วนที่เหลือของชั้นเรียน (1o1) คิดเป็นร้อยละ 13.12 การบรรยาย (Lec) คิดเป็นร้อยละ 7.19 การใช้คำถามกับนักเรียน (PQ) คิดเป็นร้อยละ 5.94 การเขียนกระดานหรือใช้โปรเจคเตอร์ในขณะสอน (RtW) คิดเป็นร้อยละ 3.12 และการมอบหมายการบ้านหรือแบบฝึกหัด (Adm) คิดเป็นร้อยละ 0.64 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัวที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้นเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมที่หลากหลายขึ้นในชั้นเรียนมากกว่าการนั่งฟังครูและจดจำเพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดทักษะที่จำเป็นในศตรรษที่ 21 ได้แก่ อ่านออก เขียนได้ มีทักษะในการคำนวณ มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาได้ มีความคิดอย่างสร้างสรรค์ สามารถร่วมมือทำงานเป็นทีม มีภาวะผู้นำ มีทักษะในการสื่อสาร มีคุณธรรม และมีระเบียบวินัยในการทำงาน เป็นต้น พฤติกรรมในชั้นเรียนของครูผู้สอนก็จะเปลี่ยนไปจากเดิมที่ครูผู้สอนจะเป็นหลักในห้องที่มีการสอนโดยบรรยายเพียงอย่างเดียว แต่กิจกรรมที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นเน้นกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยมีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้คอยให้คำแนะนำและสนับสนุนการสืบเสาะและสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การพัฒนามาโนมิเตอร์แบบดิจิตอลด้วย Arduino บอร์ดควรเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการใช้งานให้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น อุปกรณ์จ่ายไฟให้ระบบ ควรเปลี่ยนเป็นใช้แบตเตอรี่แทนการใช้สายเพื่อให้การใช้งานเคลื่อนที่ได้สะดวก

5.2.2 กิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว ครูผู้สอนควรสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ แล้วให้นักเรียนคิดปัญหาที่สนใจขึ้นมาเองหรือเพิ่มปัญหาปลายเปิดให้นักเรียนได้ออกแบบแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถ

ในการสืบเสาะเพิ่มมากขึ้น และควรเพิ่มกิจกรรมให้นักเรียนทุกคนได้ออกมานำเสนอให้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกมีประสบการณ์การนำเสนอต่อสาธารณะชน

5.2.3 ครูผู้สอนควรศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ เพิ่มเติม และหาวิธีการสอนที่สามารถพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อนต่อไป

5.2.4 การสังเกตและศึกษาพฤติกรรมภายในชั้นเรียนผู้สังเกตควรสร้างความเป็นกันเองกับนักเรียนและครูผู้สอนเพื่อให้พฤติกรรมที่เกิดขึ้นเป็นธรรมชาติ ไม่เกิดการประหม่าในนักเรียนและครูผู้สอน และเพิ่มการบันทึกวิดีโอไว้ในการตรวจสอบผลย้อนหลังได้

5.2.5 ควรพัฒนากิจกรรมการสอนแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป เพื่อพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีทักษะในเรื่องอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560.

กุศลิน มุสิกุล. “การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)”, **สื่อการเรียนรู้**. http://earlychildhood.ipst.ac.th/?p=53. 9 กันยายน, 2562.

ภัทรชา สุขสบาย, เอกรัตน์ ทานาค และวีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์. “ความสามารถในการนำความรู้เรื่องของไหลไปใช้ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน”, **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์**. 30(3): 86-95; กันยายน-ธันวาคม, 2558.

ปริญญา สาเพชร. “การใช้บอร์ด Arduino ร่วมกับ LabVIEW สำหรับชุดทดลองทางกลศาสตร์”, **วารสารฟิสิกส์ไทย**. 36(2): 55-61; มีนาคม, 2562.

มาโนชญ์ แสงศิริ. “Arduino ผู้นำด้านฮาร์ดแวร์และระบบนิเวศซอฟต์แวร์แบบเปิดระดับโลก”, **บทความเทคโนโลยี**. https://www.scimath.org/article-technology/item/9815-arduino. 10 เมษายน, 2563.

ศักดิ์ศรี สุภาษร และรุ่งนภา สายัญ. “การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร”, **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ**. 3 (ฉบับพิเศษ); มกราคม–เมษายน, 2554.

สุระ วุฒิพรหม. “การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนระหว่างวิดีโอเทปกับการทดลองแบบสาธิตเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงลอยตัว”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 4(1): 7-17; มกราคม-มิถุนายน, 2556.

สมพร บัวประทุม. “ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างง่ายตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเองและสมาร์ทโฟน”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 10(2): 288-299; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2562.

สุทธิดา จำรัส. “การสร้างกรอบแนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผ่านประวัติของวิทยาศาสตร์”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 8(1): 181-195; มกราคม-มิถุนายน, 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุภาพร พรไตร. “การเรียนรู้วัฏจักรเครบส์ในการสลายสารอาหารระดับเซลล์ด้วยการสืบเสาะวิทยาศาสตร์: กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 7(2): 285-297; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2559.

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. **รายงานแนวทางการยกระดับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET)**. นนทบุรี: 21 เซ็นจูรี่, 2562.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 4(1): 55-63; มกราคม-มิถุนายน, 2557.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. “การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน”, **วารสาร มฉก. วิชาการ**. 11(21): 86-94; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2550.

เอกพงศ์ บัวชุม, สุระ วุฒิพรหม และธนิดา สุจริตธรรม. “การพัฒนาเครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์ด้วยแพลตฟอร์ม Arduino”, **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**. 3(1): 98-104; มกราคม-มิถุนายน, 2562.

Arduino. “What is Arduino?”, **Arduino-Introduction**. https://www.arduino.cc/en/guide/introduction. April 10, 2020.

Arion, D. N., Crosby, K. M. and Murphy, E. A. “Case-study experiments in the introductory physics curriculum”, **The Physics Teacher**. 38(6): 373-376; September, 2000.

Bates, A. “Pressure-height properties of water with automated data collection”, **The Physics Teacher**. 51(1): 20-21; January, 2013.

Bonwell, C. C., and Eison, J. A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom ASHE-ERIC Higher Education Reports No. 1**. ERIC Clearinghouse on Higher Education: The George Washington University, 1991.

Campbell, T. “Modeling Electricity: Model-Based Inquiry with Demonstrations and Investigations”, **The Physics Teacher**. 50(6): 347-351; September, 2012.

Carvalho, P. S., and Hahn, M. “A simple experimental setup for teaching additive colors with Arduino”, **The Physics Teacher**. 54(4): 244-245; April, 2016.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Creswell, J. and Plano Clark, V. “Choosing a mixed methods design”, In **Designing and conducting mixed methods research**. p. 58-88. Los Angeles: SAGE, 2007.

Daood, S. S., Ijaz, A., and Butt, M. A. “Study on a concentric tube bulb manometer and its performance compared to U-shaped manometer”, **Sensors**. 7(11): 2835-2845; November, 2007.

Eisco Labs. “Manometer”, **Demonstration Manometer**. https://www.eiscolabs.com /products/ph0206. 10 April, 2020.

Espindola, P. R. and et al. “Use of an Arduino to study buoyancy force”, **Physics Education**. 53(3): ar035010; May, 2018.

Fotou, N. and Abrahams, I. “Students’ analogical reasoning in novel situations: theory-like misconceptions or p-prims?”, **Physics Education**. 51(4): ar044003; July, 2016.

Galeriu, C., Edwards, S. and Esper, G. “An Arduino investigation of simple harmonic motion”, **The Physics Teacher**. 52(3), 157-159; March, 2014.

Galeriu, C., Letson, C. and Esper, G. “An Arduino investigation of the RC circuit”, **The Physics Teacher**. 53(5): 285-288; May, 2015.

Hahn, M. D., de Oliveira Cruz, F. A. and Carvalho, P. S. “Determining the Speed of Sound as a Function of Temperature Using Arduino”, **The Physics Teacher**. 57(2): 114-115; February, 2019.

Kinchin, J. “Using an Arduino in physics teaching for beginners”, **Physics Education**. 53(6): 063007; November, 2018.

McCaughey, M. “An Arduino-based magnetometer”, **The Physics Teacher**. 55(5): 274-275; May, 2017.

McCall, R. P. “Pressure beneath the surface of a fluid: Measuring the correct depth”, **The Physics Teacher**. 51(5): 288-289; May, 2013.

Saputra, O., Setiawan, A. and Rusdiana, D. “Identification of student misconception about static fluid”, **Journal of Physics: Conference Series**. 1157(3): 032069; February, 2019.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Moreira, J. A., Almeida, A. and Carvalho, P. S. “Two experimental approaches of looking at Buoyancy”, **The Physics Teacher**. 51(2): 96-97; January, 2013.

Meyers, K. **Examining How Teaching Strategies Alter the Misconceptions of Middle School Science Students**. Education and Human Development Master’s Thesis: The College at Brockport, 2007.

National Research Council. **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning**. Washington D.C.: The National Academies Press, 2000.

Smith, M. K. and et al. “The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS): A new instrument to characterize university STEM classroom practices”, **CBE-Life Sciences Education**. 12(4): 618-627; September, 2013.

Radovanovic, J. and Slisko, J. “Approximate value of buoyant force: a water-filledballoon demonstration”, **The Physics Teacher**. 50(7): 428-429; September, 2012.

Rodriguez, E. E. “Hands-on experiments on Faraday's law”, **The Physics Teacher**. 43(4): 228-230; March, 2005.

Smith, M. K. and et al. “The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS): A new instrument to characterize university STEM classroom practices”, **CBE-Life Sciences Education**. 12(4): 618-627; December, 2013.

Toplis, R. **How Science Works: Exploring effective pedagogy and practice**. London: Routledge, 2010.

Vieyra, R. E., Vieyra, C. and Macchia, S. "Kitchen physics: Lessons in fluid pressure and error analysis”, **The Physics Teacher**. 55(2): 87-90; January, 2017.

White, R. and Gunstone R. **Probing Understanding**. London: The Falmer Press, 1992.

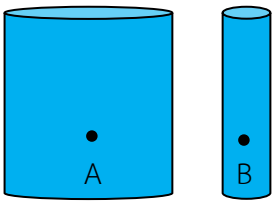
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันและแรงลอยตัว

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อที่ 1 ถ้านักเรียนบรรจุน้ำลงในกระบอกที่มีขนาดต่างกันจนเต็มดังรูป แล้ววัดความดันที่จุด A และ จุด B ซึ่งอยู่ในน้ำบริเวณตรงกลางของพื้นที่หน้าตัดทรงกระบอกและมีความลึกจากผิวน้ำเท่ากัน ข้อใดสรุปถูกต้อง



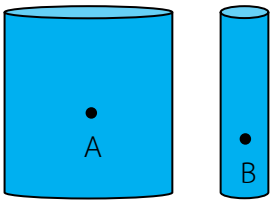
1) ความดันที่ A มากกว่า B
2) ความดันที่ B มากกว่า A
3) ความดันที่ A เท่ากับ B

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 2 ถ้านักเรียนบรรจุน้ำลงในกระบอกที่มีขนาดต่างกันจนเต็มดังรูป แล้ววัดความดันที่จุด A และ จุด B ซึ่งอยู่ในน้ำ โดยที่จุด B อยู่ลึกกว่าจุด A ดังรูป ข้อใดสรุปถูกต้อง



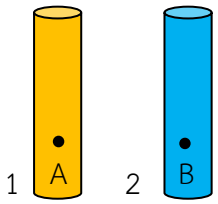
1) ความดันที่ A มากกว่า B
2) ความดันที่ B มากกว่า A
3) ความดันที่ A เท่ากับ B

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 3 ถ้านักเรียนบรรจุของเหลวลงในกระบอกที่มีขนาดเท่ากันจนเต็มดังรูป กระบอกที่ 1 เติมน้ำมันพืชและกระบอกที่ 2 เติมน้ำทะเล แล้ววัดความดันที่จุด A และ จุด B ซึ่งอยู่ในของเหลวที่มีความลึกเท่ากัน ข้อใดสรุปถูกต้อง



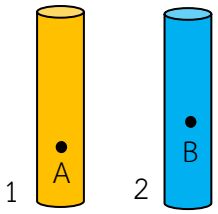
1) ความดันที่ A มากกว่า B
2) ความดันที่ B มากกว่า A
3) ความดันที่ A เท่ากับ B

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 4 ถ้านักเรียนบรรจุของเหลวลงในกระบอกที่มีขนาดเท่ากันจนเต็มดังรูป กระบอกที่ 1 เติมน้ำมันพืชและกระบอกที่ 2 เติมน้ำทะเล แล้ววัดความดันที่จุด A และ จุด B ซึ่งอยู่ในของเหลว โดยจุด A อยู่ต่ำกว่าจุด B เล็กน้อย ข้อใดสรุปถูกต้อง



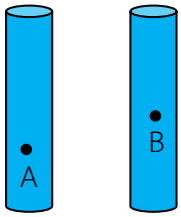
1) ความดันที่ A มากกว่า B
2) ความดันที่ B มากกว่า A
3) ยังสรุปไม่ได้

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 5 ถ้านักเรียนบรรจุน้ำลงในกระบอกที่มีขนาดเท่ากันจนเต็มดังรูป แล้ววัดความดันที่จุด A และ จุด B ซึ่งอยู่ในของเหลว โดยจุด A อยู่ต่ำกว่าจุด B ข้อใดสรุปถูกต้อง



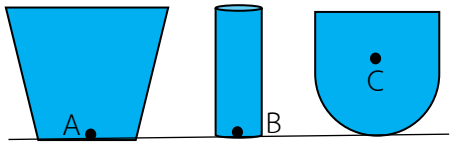
1) ความดันที่ A มากกว่า B
2) ความดันที่ B มากกว่า A
3) ยังสรุปไม่ได้

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 6 ถ้านักเรียนบรรจุน้ำลงในภาชนะที่มีความสูงเท่ากันแต่รูปร่างแตกต่างกันดังรูป จุด A B และ C คือตำแหน่งในของเหลวแต่ละภาชนะตามลำดับข้อใดสรุปถูกต้อง



1) $P_A = P_B = P_C$
2) $P_A = P_B > P_C$
3) $P_A > P_C > P_B$

เมื่อ P_A คือความดันที่จุด A, เมื่อ P_B คือความดันที่จุด B

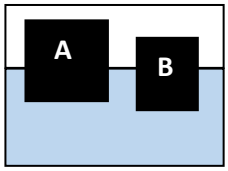
เมื่อ P_C คือความดันที่จุด C

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 7 วัตถุ A และ B มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกัน เมื่อใส่ไปในน้ำเกิดลอยทั้งคู่ ข้อใดสรุปถูกต้อง



1) $F_A = F_B$
2) $F_A > F_B$
3) $F_A < F_B$

เมื่อ F_A คือแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ A

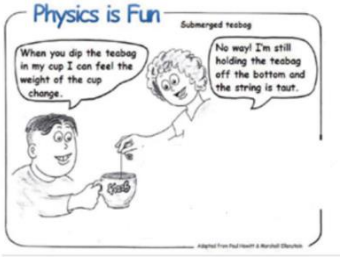
เมื่อ F_B คือแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุ B

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 8 จากรูป เด็กผู้หญิงได้หย่อนถุงชาลงไปในถ้วยน้ำชาที่เด็กผู้ชายถืออยู่ โดยมีน้ำชาเกือบเต็มถ้วย ถ้าถุงชาจมลงในน้ำชาแต่ไม่ถึงก้นถ้วย น้ำหนักของถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่



1) ไม่เปลี่ยนแปลง
2) น้ำหนักลดลง
3) น้ำหนักเพิ่มขึ้น

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 9 ก้อนหินก้อนหนึ่งตกลงไปในบ่อน้ำ ซึ่งมีน้ำลึก 5 เมตร ข้อใดสรุปถูกต้อง

1) เมื่อก้อนหินจมผิวน้ำทั้งก้อนแรงลอยตัวที่กระทำต่อก้อนหินทุกจุดเท่ากัน
2) เมื่อก้อนหินจมผิวน้ำบริเวณน้ำลึกมีแรงลอยตัวที่กระทำต่อก้อนหินทุกกว่าน้ำตื้น
3) เมื่อก้อนหินจมผิวน้ำแรงลอยตัวที่กระทำต่อก้อนหินขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของก้อนหิน

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 10 เรือลำหนึ่งแล่นออกจากคลองน้ำจืดผ่านบริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นน้ำกร่อยและออกไปยังกลางทะเล ถ้าเรือลำนี้ไม่มีการขนถ่ายสิ่งของระหว่างเดินทาง ข้อใดสรุปถูกต้อง

1. แรงลอยตัวของน้ำทะเลที่ทำต่อเรือมากกกว่าน้ำจืด
2. แรงลอยตัวของน้ำจืดที่ทำต่อเรือมากกว่าน้ำกร่อย
3. แรงลอยตัวของน้ำกร่อยที่ทำต่อเรือเท่ากับน้ำทะเล

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 11 แท่งไม้มวล 300 กรัมเมื่อลอยในน้ำเปล่าสามารถวัดแรงลอยตัวที่กระทำต่อแท่งไม้ได้ 3 นิวตัน ถ้านำแท่งไม้แท่งนี้ไปลอยในน้ำมันพืชจะวัดแรงลอยตัวได้เท่าไร

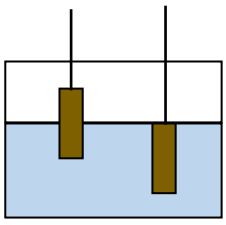
1) มากกว่า 3 นิวตัน
2) เท่ากับ 3 นิวตัน
3) น้อยกว่า 3 นิวตัน

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 12 แท่งโลหะทรงกระบอกถูกแขวนไว้ด้วยเชือกและนำไปหย่อนในน้ำ โดยครั้งที่ 1 ให้จมครึ่งหนึ่งของปริมาตรทรงกระบอก และครั้งที่ 2 ให้จมทั้งหมด ดังรูป ข้อใดสรุปถูกต้อง



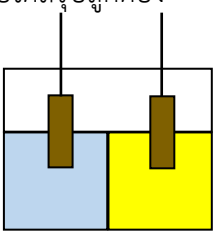
1) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 เท่ากับ ครั้งที่ 2
2) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 น้อยกว่า ครั้งที่ 2
3) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 มากกว่า ครั้งที่ 2

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ข้อที่ 13 แท่งโลหะทรงกระบอกถูกแขวนไว้ด้วยเชือกและนำไปหย่อนลงในของเหลวให้จมเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรทรงกระบอก โดยครั้งที่ 1 หย่อนลงในน้ำและครั้งที่ 2 หย่อนลงในน้ำมันพืช ข้อใดสรุปถูกต้อง



1) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 เท่ากับ ครั้งที่ 2

2) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 น้อยกว่า ครั้งที่ 2

3) แรงลอยตัวที่ทำต่อแท่งโลหะครั้งที่ 1 มากกว่า ครั้งที่ 2

จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

ภาคผนวก ข
ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

Worksheet 1 ความดันในของเหลว

กิจกรรมที่ 1 ปริมาตรของเหลวต่างกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความดันในของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. กระบอกตวงขนาดเล็ก 1 อัน

3. กระบอกตวงขนาดใหญ่ 1 อัน

4. น้ำเปล่า

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในกระบอกตวงทั้ง 2 ขนาด ให้มีระดับความสูงของเท่ากัน
2. นำปลายท่อสำหรับวัดความดันของมาโนมิเตอร์สายที่ 1 จุ่มลงไปในกระบอกตวงขนาดเล็ก และ สายที่ 2 จุ่มลงไปในกระบอกตวงขนาดใหญ่ โดยจุ่มลงในน้ำให้มีความลึกเท่ากัน
3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยน ระดับความลึกที่แตกต่างกันอีก 2 ระดับ และสรุปผล

จงทำนายว่าที่ความลึกเท่ากันความดันน้ำของกระบอกตวงขนาดใหญ่กับขนาดเล็กอันไหนมีขนาดมากกว่ากันหรือมีลักษณะเป็นอย่างไร

ทำนาย	**เฉลย**

สรุป

กิจกรรมที่ 2 ความลึกมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความดันในของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. กระบอกตวงขนาดใหญ่ 1 อัน

3. น้ำเปล่า

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

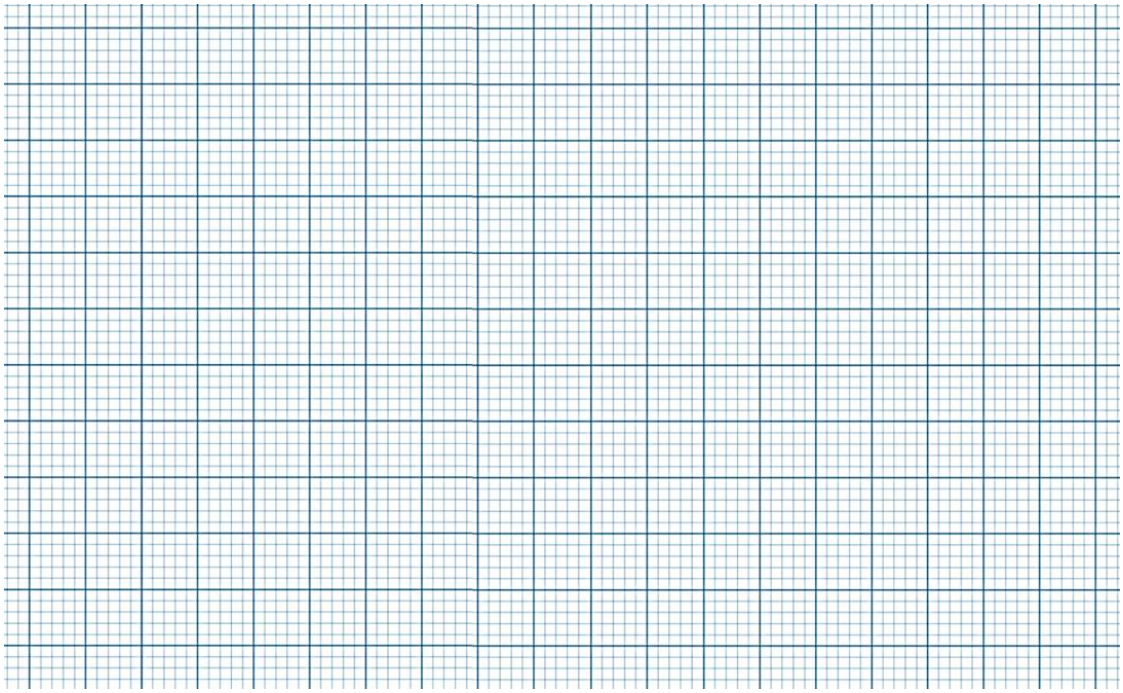
วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในกระบอกตวงให้มีระดับความสูง 3 ใน 4 ส่วนของกระบอกตวง
2. นำปลายท่อสำหรับวัดความดันของมาโนมิเตอร์จุ่มลงไปในกระบอกตวงแล้วบันทึกค่าความดัน
3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยน ระดับความลึกที่แตกต่างกันอีก 6 ระดับ บันทึกและสรุปผล

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ที่	**ความลึก**	**ความดัน**			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับความดัน



วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความลึกมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

.....

.....

สรุป

กิจกรรมที่ 3 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความดันในของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. กระบอกตวงขนาดเท่ากัน 3 อัน

3. น้ำเปล่า

4. น้ำมันพืช

5. กลีเซอรอล

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำเปล่า น้ำมันพืชและกรีเซอลรอล ลงในกระบอกตวงอย่างละอัน โดยให้มีระดับความสูงของของเหลวทุกชนิดเท่ากัน

2. นำปลายท่อสำหรับวัดความดันของมาโนมิเตอร์จุ่มลงในของเหลวแต่ละชนิดโดยให้มีความลึกเท่ากัน

3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยน ระดับความลึกที่แตกต่างกันอีก 2 ระดับ สังเกตความดันและสรุปผล

จงทำนายว่าที่ความลึกเท่ากันความดันของของเหลวมีค่าเท่ากันหรือไม่หรือมีลักษณะเป็นอย่างไร

ทำนาย

เฉลย

สรุป

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกัน จะมีความดันต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความดันในของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. กระบอกตวง
3. บีกเกอร์
4. ขวดรูปชมพู่
5. น้ำเปล่า

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำเปล่าลงในกระบอกตวง บีกเกอร์ และขวดรูปชมพู่ โดยให้มีระดับความสูงเท่ากัน
2. นำปลายท่อสำหรับวัดความดันของมาโนมิเตอร์จุ่มลงในภาชนะแต่ละชนิดโดยจุ่มให้ถึงก้นภาชนะ

สังเกตความดันและสรุปผล

จงทำนายว่าที่ความลึกเท่ากันความดันของของเหลวแต่ละภาชนะมีค่าเป็นอย่างไร

ทำนาย

เฉลย

สรุป

Worksheet 2 แรงลอยตัว

กิจกรรมที่ 1 เมื่อหย่อนถุงชาลงในถ้วยชา น้ำหนักถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. ขวดโหล 1 อัน
3. น้ำอัดลมกระป๋อง 1 กระป๋อง
4. เครื่องชั่งสปริง 1 อัน
5. น้ำเปล่า

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

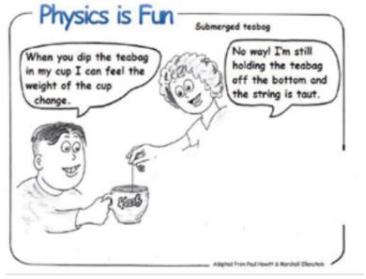
ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในขวดโหล 3 ใน 4 ส่วน จากนั้นวางขวดโหลลงบน Load cell ของมาโนมิเตอร์
2. นำเครื่องชั่งสปริงผูกกับกระป๋องน้ำอัดลมแล้วนำไปหย่อนลงในขวดโหลโดยให้กระป๋องจมลงไปในน้ำครึ่งหนึ่งของกระป๋องทั้งหมดสังเกตค่าที่ Load cell อ่านได้

จงทำนายว่า ถ้าเด็กผู้หญิงได้หย่อนถุงชาลงไปในถ้วยน้ำชาที่เด็กผู้ชายถืออยู่ โดยมีน้ำชาเกือบเต็มถ้วย ถ้าถุงชาจมลงในน้ำชาแต่ไม่ถึงก้นถ้วย น้ำหนักของถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร



ทำนาย

เฉลย

สรุป

กิจกรรมที่ 2 เมื่อปริมาตรวัตถุค่อยๆ จมลงในน้ำแรงลอยตัวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. ขวดโหล 1 อัน
3. น้ำอัดลมกระป๋อง 1 กระป๋อง
4. เครื่องชั่งสปริง 1 อัน
5. น้ำเปล่า

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในขวดโหล 3 ใน 4 ส่วน จากนั้นวางขวดโหลลงบน Load cell ของมาโนมิเตอร์

2. นำเครื่องชั่งสปริงผูกกับกระป๋องน้ำอัดลมแล้วนำไปหย่อนลงในขวดโหลโดยให้กระป๋องจมลงไปในน้ำ 1 ใน 4 ส่วนของกระป๋องทั้งหมด บันทึกค่าที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ (T) และค่าที่ Load cell อ่านได้ (W_2) และผลต่างของ mg – T คือค่าแรงลอยตัว (F_B)

3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยหย่อนให้กระป๋องจมลงไป 1 ใน 2, 3 ใน 4 และจมทั้งหมด สังเกตและบันทึกผล

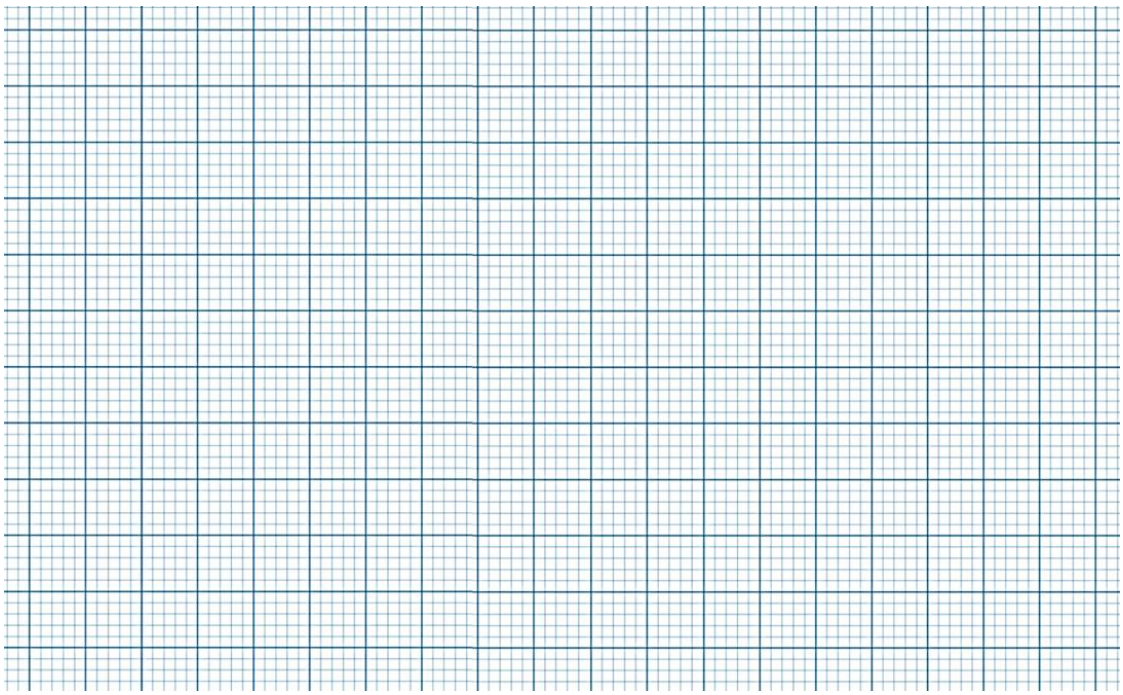
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ปริมาตรส่วนที่จม (ส่วน)	ค่าที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ (T) นิวตัน	ผลต่างของ mg – T (F_B)	ค่าที่ Load cell อ่านได้ (W_2) นิวตัน	ผลต่างของ W_2- W_1
1/4				
2/4				
3/4				
4/4				

ค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้เมื่อชั่งในอากาศ (mg) ..... นิวตัน

ค่าน้ำหนักที่ Load cell อ่านได้เมื่อยังไม่หย่อนกระป๋อง (W_1) ..... นิวตัน

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรส่วนที่จมกับแรงลอยตัวที่ทำต่อกระป๋องน้ำอัดลม



วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรส่วนที่จมกับแรงลอยตัวมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

.....

.....

เมื่อเปรียบเทียบค่าผลต่างของ mg – T กับผลต่างของ W_2- W_1 พบว่ามีค่าเป็นอย่างไร

.....

สรุป

กิจกรรมที่ 3 เมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำแรงลอยตัวจะเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. ขวดโหล 1 อัน
3. ก้อนหิน 1 ก้อน
4. น้ำเปล่า
5. เชือก

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในขวดโหล 3 ใน 4 ส่วน จากนั้นวางขวดโหลลงบน Load cell ของมาโนมิเตอร์
2. นำเชือกผูกกับก้อนหินแล้วนำไปหย่อนลงในขวดโหลโดยให้ก้อนหินจมลงไปทั้งก้อน จากนั้นค่อยๆหย่อนก้อนหินลงไปเรื่อยๆจนเกือบถึงก้นภาชนะ สังเกตค่าที่ Load cell อ่านได้

จงทำนายว่าถ้าก้อนหินจมอยู่ในน้ำทั้งก้อน แล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงไปยังก้นภาชนะแรงลอยตัวที่กระทำต่อก้อนหินจะเพิ่มขึ้นหรือไม่ อย่างไร

ทำนาย	**เฉลย**

ค่าที่ Load cell อ่านได้ คือ.....

สรุป

กิจกรรมที่ 4 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัวของของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. บีกเกอร์ขนาดเท่ากัน 3 อัน
3. น้ำเปล่า
4. น้ำมันพืช
5. กลีเซอรอล

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำเปล่า น้ำมันพืชและกรีเซอลรอล ลงในบีกเกอร์อย่างละอัน โดยให้มีปริมาตรเท่ากัน
2. นำบีกเกอร์น้ำเปล่าวางบน Load cell ของมาโนมิเตอร์แล้วสังเกตค่าที่อ่านได้ จากนั้นนำเชือกผูกกับก้อนหินแล้วนำไปหย่อนลงในน้ำจนจมมิดก้อนโดยไม่ให้ถึงก้นภาชนะสังเกตค่าที่อ่านได้ นำค่าที่อ่านได้ตอนหลังไปลบกับตอนแรก เพื่อให้มีค่าเท่ากับแรงลอยตัวที่กระทำต่อก้อนหิน
3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยน ชนิดของของเหลว สังเกตค่าแรงลอยตัวและสรุปผล

จงทำนายว่าของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่อย่างไร

ทำนาย

เฉลย

สรุป

กิจกรรมที่ 5 วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัวของของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino

2. ขวดโหล 1 อัน

3. น้ำเปล่า

4. ดินน้ำมัน 3 ก้อน

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำลงในขวดโหล 3 ใน 4 ส่วน จากนั้นวางขวดโหลลงบน Load cell ของมาโนมิเตอร์

2. ปั้นดินน้ำมันให้มีรูปร่างที่สามารถลอยน้ำได้โดยแต่ละก้อน ปั้นให้มีรูปร่างขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ตามลำดับ จากนั้นนำไปลอยในน้ำทีละก้อนสังเกตค่าแรงลอยตัวจาก Load cell

จงทำนายว่า วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ทำนาย

เฉลย

สรุป

กิจกรรมที่ 6 วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอยตัวของของเหลว

อุปกรณ์ 1. มาโนมิเตอร์แบบ Arduino
2. บีกเกอร์ขนาดเท่ากัน 3 อัน
3. น้ำเปล่า
4. น้ำมันพืช
5. กลีเซอรอล
6. ดินน้ำมัน 1 ก้อน

ก่อนทดลองให้นักเรียนทำนายในกระดาษทำนาย

ปัญหา .....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

ตัวแปรควบคุม .....

วิธีการทดลองและบันทึกผล

1. เติมน้ำเปล่า น้ำมันพืชและกรีเซอลรอล ลงในบีกเกอร์อย่างละอัน โดยให้มีปริมาตรเท่ากัน
2. นำบีกเกอร์น้ำเปล่าวางบน Load cell ของมาโนมิเตอร์แล้วสังเกตค่าที่อ่านได้ จากนั้นปั้นดินน้ำมันเป็นรูปร่างที่สามารถลอยน้ำได้ จากนั้นนำไปในน้ำ สังเกตค่าแรงลอยตัวจาก Load cell
3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยน ชนิดของของเหลว สังเกตค่าแรงลอยตัวและสรุปผล

จงทำนายว่า วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่อย่างไร

ทำนาย

เฉลย

สรุป

ภาคผนวก ค
แผนการจัดการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความดันในของเหลว

ครูผู้สอน นายโชคชัย แจวิจารณ์ **เวลา 4 ชั่วโมง**

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนสามารถอธิบายความดันในของเหลวเมื่อปริมาตรของเหลวต่างกันแต่ความลึกเท่ากันได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความดันในของเหลวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความลึกได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายความดันในของเหลวในสารคนละชนิดที่มีความหนาแน่นต่างกันได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายความดันในของเหลวเมื่อบรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกันได้

แนวความคิดหลัก

- ภาชนะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว
- ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ คำนวณได้จากสมการ

$$P = P_0 + P_g$$

- ความดันในของเหลวแปรผันตามความลึกและความหนาแน่นของของเหลว ยิ่งลึกความดันยิ่งมาก ยิ่งมีความหนาแน่นมากความดันยิ่งมากขึ้นเช่นกันและความดันไม่ขึ้นกับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะที่ใส่

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
1	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยถามนักเรียนว่า หากนักเรียนต้องการสร้างเรือดำน้ำ 1 ลำ นักเรียนต้องคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง (แนวคำตอบ น้ำหนัก ปริมาตร วัสดุที่ใช้ ราคา แรงลอยตัว ความดันน้ำเป็นต้น) ครูถามนักเรียนต่อว่าแล้วถ้าต้องการเรือดำน้ำให้สามารถดำไปยังพื้นมหาสมุทรเรือดำน้ำจะเจอปัญหาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แสง อากาศ ความดัน เป็นต้น) ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย	3

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
2	แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน มีการคละนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน	2
3	ครูแจ้งแก่นักเรียนว่าวันนี้จะทำการศึกษาเรื่องความดันในของเหลว โดยใช้ มาโนมิเตอร์แบบ Arduino จากนั้นครูอธิบายการใช้งานของมาโนมิเตอร์แบบ Arduino	5

ขั้นสอน (สอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์)

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
	ขั้นที่ 1 นักเรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	
4	ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและสงสัยด้วยการนำวัสดุ อุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม work sheet 1 ความดันในของเหลว **กิจกรรมที่ 1** ปริมาตรของเหลวต่างกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	3
5	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 2** ความลึกมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร	3
6	ครูครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม **กิจกรรมที่ 3** ของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	3
7	ครูครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม **กิจกรรมที่ 4** ของเหลวที่บรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกัน จะมีความดันต่างกันหรือไม่ จากนั้นนักเรียนทำกิจกรรมที่ 4	3
	ขั้นที่ 2 นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้พวกเขาพัฒนาและอธิบายคำถามเชิงวิทยาศาสตร์นั้น	
8	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 1 ปริมาตรของเหลวต่างกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะนำช่วยเหลือ และย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	20
9	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 2 ความลึกมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร โดยมีครูคอยแนะนำช่วยเหลือ และย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	35

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
10	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 3 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันต่างกันหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือ และย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	20
11	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 4 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะรูปร่างต่างกัน จะมีความดันต่างกันหรือไม่	20
	ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	
12	นักเรียนช่วยกันสรุปและอธิบายผลการค้นคว้า ทดลองเรื่องความดันในของเหลว โดยทำเป็นแผนผังมโนทัศน์ลงในกระดาษปรู๊ฟ	40
	ขั้นที่ 4 นักเรียนประเมินคำอธิบายที่นักเรียนสร้าง โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	
13	นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบความรู้เรื่องความดันในของเหลว แล้วนำไปการตรวจสอบคำตอบแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียน ในกรณีที่ข้อความที่ผิดให้นักเรียนแก้ไข ให้ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถสืบค้นเพิ่มเติมจากอินเตอร์เนตได้	15
	ขั้นที่ 5 นักเรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง	
14	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานผังมโนทัศน์ติดที่บอร์ดข้างห้องเรียน และให้สมาชิกกลุ่มอื่นเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) โดยสามารถเขียนคำถามแนะหรือชื่นชมผลงานได้โดยติดด้วยแผ่นกระดาษโพสอิท	30
15	นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถาม ที่สมาชิกกลุ่มอื่นเขียนไว้และครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	30

ขั้นสรุป

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
16	ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวความคิดหลักเรื่องความดันในของเหลว	**8**

เอกสารอ้างอิง

Kafiyani, F., Samsudin, A., & Saepuzaman, D. (2019, November). Development of four-tier diagnostic test (FTDT) to identify student's mental models on static fluid. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1280, No. 5, p. 052030). IOP Publishing.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

National Research Council [NRC]. (2000). Inquiry and the National *Science EducationStandards: A Guide for Teaching and Learning. Washington DC: National Academy.*

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องแรงลอยตัว

ครูผู้สอน นายโชคชัย แจวิจารณ์ **เวลา 4 ชั่วโมง**

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนสามารถอธิบายแรงที่กระทำต่อภาชนะใส่น้ำเมื่อมีวัตถุอีกอันถูกหย่อนลงไปได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุค่อยๆ จมลงในของเหลวได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายแรงลอยตัวเมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงไปยังก้นภาชนะได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุเมื่อของเหลวต่างชนิดกันได้
5. นักเรียนสามารถอธิบายแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในของเหลวได้
6. นักเรียนสามารถอธิบายแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกันได้

แนวความคิดหลัก

- วัตถุที่อยู่ในของเหลวทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงลอยตัวจากของเหลวกระทำ โดยขนาดแรงลอยตัวเท่ากับขนาดน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่ตามหลักของอาร์คิมีดีส ซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของเหลว ขนาดแรงลอยตัวจากของเหลวคำนวณได้จากสมการ

$$F_B = \rho V g$$

- เมื่อวัตถุลอยอยู่บนของเหลวแรงลอยตัวจะเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ โดยไม่ขึ้นกับชนิด ขนาดและปริมาตรของวัตถุรวมทั้งไม่ขึ้นกับชนิดและปริมาตรของของเหลวด้วยเช่นกัน
- เมื่อวัตถุเมื่อจมลงไปในของเหลวทั้งก้อนแล้ว แรงลอยตัวที่กระทำจะมีค่าคงที่ โดยไม่ขึ้นกับความลึก
- เมื่อเกิดแรงลอยตัวในทิศขึ้นก็จะมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามขึ้นเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
1	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยถามนักเรียนว่า ระหว่างโลหะกับไม้นักเรียนคิดว่าสิ่งใดจมหรือลอย (แนวคำตอบ ไม้ลอย โลหะจม) ครูถามนักเรียนต่อว่าแล้วเรือสำราญลำใหญ่ๆ นักเรียนคิดว่าทำมาจากอะไร (แนวคำตอบ เหล็ก อะลูมิเนียม อื่นๆ) ซึ่งทำไมมันถึงลอยได้ ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย	2
2	แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน มีการคละนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน	2
3	ครูทบทวนการใช้งานของมาโนมิเตอร์แบบ Arduino	2

ขั้นสอน (สอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์)

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
	ขั้นที่ 1 นักเรียนถูกสร้างความสนใจด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	
4	ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและสงสัยด้วยการนำวัสดุอุปกรณ์มาแสดงและตั้งคำถามตาม Work sheet 2 แรงลอยตัว **กิจกรรมที่ 1** เมื่อหย่อนถุงชาลงในถ้วยชา น้ำหนักถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	2
5	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 2** เมื่อปริมาตรวัตถุค่อยๆ จมลงในน้ำแรงลอยตัวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่	2
6	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 3** เมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำแรงลอยตัวจะเป็นอย่างไร นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	2
7	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 4** ของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	2
8	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 5** วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	2

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
9	ครูนำอุปกรณ์การทดลองมาแสดงและตั้งคำถามตาม**กิจกรรมที่ 6** วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ นักเรียนทำนายลงไปในใบทำนาย	2
	ขั้นที่ 2 นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้พวกเขาพัฒนาและอธิบายคำถามเชิงวิทยาศาสตร์นั้น	
10	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 1 เมื่อหย่อนถุงชาลงในถ้วยชา น้ำหนักถ้วยชาจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือ และย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	15
11	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 2 เมื่อปริมาตรวัตถุค่อยๆ จมลงในน้ำแรงลอยตัวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือ	35
12	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 3 เมื่อวัตถุจมลงไปในน้ำทั้งก้อนแล้วค่อยๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำแรงลอยตัวจะเป็นอย่างไร โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือและย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	15
13	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 4 ของเหลวต่างชนิดกันจะมีแรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือและย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	15
14	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 5 วัตถุมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันเมื่อลอยในน้ำ แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่ โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือและย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	15
15	นักเรียนภายในกลุ่มช่วยทำกิจกรรมตามวิธีการทดลองกิจกรรมที่ 6 วัตถุมวลคงที่แต่ลอยในของเหลวต่างชนิดกัน แรงลอยตัวต่างกันหรือไม่โดยมีครูคอยแนะแนะช่วยเหลือและย้ำให้นักเรียนทำนายในแผ่นคำทำนายก่อนทดลอง	15
	ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	
16	นักเรียนช่วยกันสรุปและอธิบายผลการค้นคว้า ทดลองเรื่องแรงลอยตัว โดยทำเป็นแผนผังมโนทัศน์ลงในกระดาษปรู๊ฟ	40
	ขั้นที่ 4 นักเรียนประเมินคำอธิบายที่นักเรียนสร้าง โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
17	นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบความรู้เรื่องแรงลอยตัว แล้วนำไปการตรวจสอบคำตอบแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียน ในกรณีที่ข้อความที่ผิดให้นักเรียนแก้ไข ให้ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถสืบค้นเพิ่มเติมจากอินเตอร์เนตได้	15
	ขั้นที่ 5 นักเรียนนำเสนอ สื่อสารและแสดงเหตุผลถึงผลงานของตนเอง	
18	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานผังมโนทัศน์ติดที่บอร์ดข้างห้องเรียน และให้สมาชิกกลุ่มอื่นเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) โดยสามารถเขียนคำถามแนะหรือชื่นชมผลงานได้โดยติดด้วยแผ่นกระดาษโพสอิท	25
19	นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถาม ที่สมาชิกกลุ่มอื่นเขียนไว้และครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	25

ขั้นสรุป

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
20	ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวความคิดหลักเรื่องแรงลอยตัว	7

เอกสารอ้างอิง

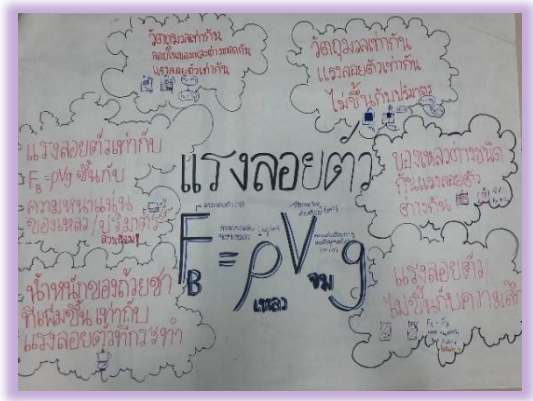
กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนัก คณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

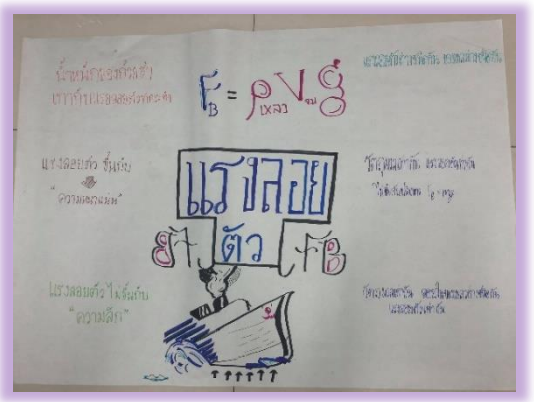
National Research Council [NRC]. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. Washington DC: National Academy.

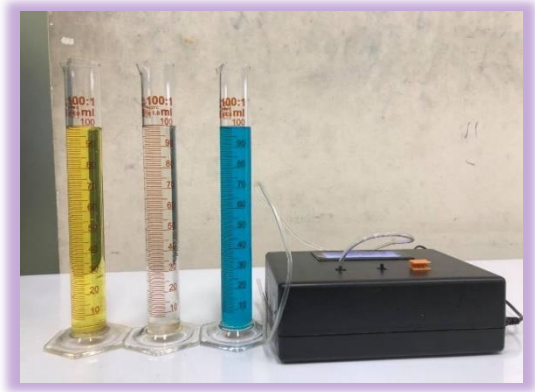
Hewitt P (2003) Submerged Teabag The Physics Teacher 41 384-384Nelson, J., & Nelson, J. B. (2015). Buoyancy can-can. *The Physics Teacher*, *53*(5), 279-281.

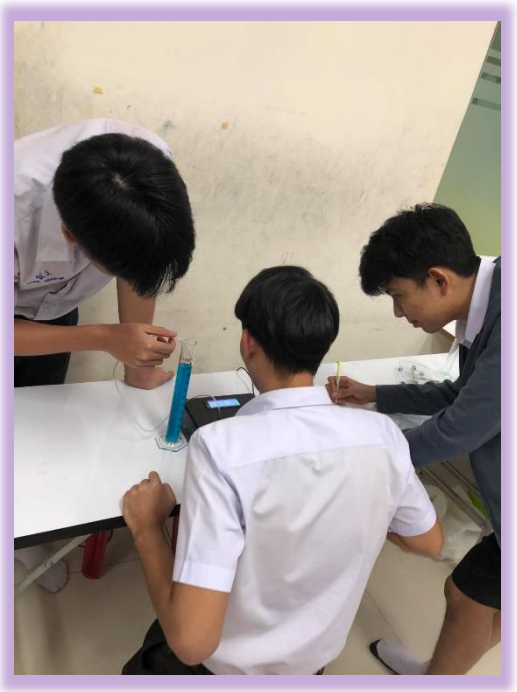
ภาคผนวก ง
ภาพผลงานนักเรียนและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ภาพผลงานนักเรียนและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้









ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายโชคชัย แจวิจารณ์

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2545–2548
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
พ.ศ. 2549
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์
พ.ศ. 2551–2553
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน
โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย อำเภอหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา

ตำแหน่ง ครู คศ. 3

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16
จังหวัดสงขลา
โทรศัพท์ (074) 224404