

การพัฒนาชุดทดลองเซนเซอร์วัดคาบการสั่นของมวลติดสปริงสำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์

โรงเรียนนายเรือ

The Development of A Sensor Experimental Set for Measuring the Oscillation

Period of A Mass Attached to A Spring for the Physics Laboratory,

Royal Thai Naval Academy

วีระ บุญผุด^{1*}

Veera Boonphud^{1*}

Received: May 26, 2025

Revised: June 18, 2025

Accepted: June 20, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 โรงเรียนนายเรือ เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่ายของมวลติดปลายสปริง (Simple Harmonic Motion, SHM) ให้มีความทันสมัยและมีความแม่นยำสูงในการวัดค่าคาบการสั่นแกว่งโดยใช้เซนเซอร์ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิกเซนเซอร์โมดูลผ่านการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งาน ค่าการวัดเป็นคาบเวลาเฉลี่ย (Average Time) คำนวณหาค่าคงที่สปริง (Spring Constant) แล้วเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างชุดทดลองฯ วิจัยกับค่าคงที่สปริงมาตรฐานของบริษัท PASCO USA.

ผลการวิจัยพบว่าค่าคงที่สปริงของชุดทดลองฯ วิจัยกับค่าค่าคงที่สปริงมาตรฐาน มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 2.625

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบแกว่ง, คาบเวลาเฉลี่ย, ไมโครคอนโทรลเลอร์

^{1*}อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ จ.สมุทรปราการ 102701

E-mail: veeraboonthud@gmail.com

Lecturer, Academic Branch, Royal Thai Navy Academy. Department of Physics and Chemistry, Education

Branch, Royal Thai Naval Academy, Samutprakan, Thailand 10270

E-mail: veeraboonthud@gmail.com

*Corresponding Author

Abstract

This research aims to develop an experimental setup for Physics Lab 1 at the Naval Academy on Simple Harmonic Motion (SHM) of a mass attached to the end of a spring, making it more modern and highly accurate in measuring the oscillation period using sensors. The research applied an ultrasonic distance sensor module controlled by a microcontroller. The measured value is the average time (Average time) used to calculate the spring constant, and the results are compared with the standard spring constant from PASCO USA.

The research findings indicate that the spring constant of the experimental setup has a deviation of only 2.625% when compared to the standard spring constant.

Keywords: Simple Harmonic Motion, Period Average, Microcontroller.

1. บทนำ

การทดลองวัดคาบเวลาการสั่นแกว่งของมวลติดสปริงเป็นการทดลองพื้นฐานวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ซึ่งมีความสำคัญในการช่วยเสริมให้นักเรียนเข้าใจหลักการของการเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งในวิชาฟิสิกส์ 1 (ภาคทฤษฎี) การพัฒนาชุดทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความทันสมัยและเพิ่มความแม่นยำในการวัดค่าคาบการแกว่งโดยชุดทดลองฯ ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 โดยนำเทคโนโลยีเซนเซอร์ทำการวัดค่าคาบเวลาการสั่นแกว่ง ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยชุดสปริงและมวลแขวนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ และเซนเซอร์วัดค่าคาบเวลาแบบดิจิทัลแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ชุดทดลองได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดง่ายต่อการประกอบและจัดเก็บ มีเทคโนโลยีการวัดแบบดิจิทัลช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวัดคาบเวลาและยกระดับการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยี ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาชุดทดลองโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าคาบเวลาแทนนาฬิกาจับเวลา เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัด ในการวิจัยนี้ได้นำอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทางแบบอัลตราโซนิกและประมวลผลระยะทางเป็นคาบเวลาโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ที่ความละเอียดในหน่วยมิลลิวินาที แสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองทางฟิสิกส์และนำไปใช้ในการวัดค่าคาบเวลาแบบดิจิทัล โดยใช้โปรแกรมควบคุมและแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ สำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของโรงเรียนนายเรือ

2.2 เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบค่าคงที่ของสปริงระหว่างชุดทดลองแบบดิจิทัลกับชุดสปริงมาตรฐาน

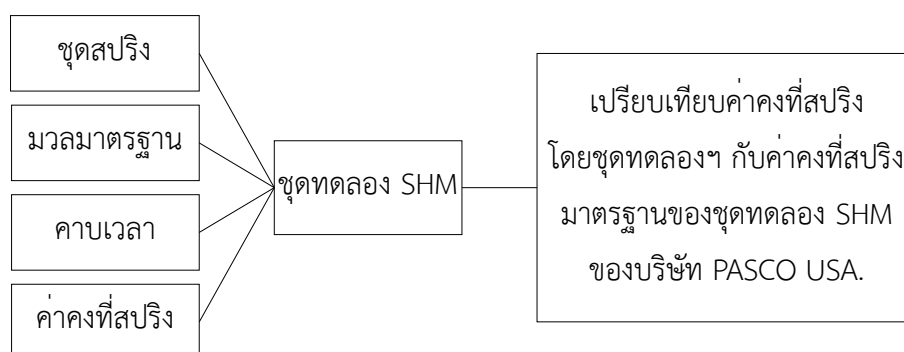
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้จะหาค่าคงที่สปริง (หรือ "ค่าคงที่สปริง" ที่นิยมใช้สัญลักษณ์ว่า k) โดยการสั่นแกว่งของมวลติดปลายสปริงอย่างง่ายตาม Serway & Jewett [1] $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ โดยที่ T คือ คาบเวลาการสั่นแกว่ง (วินาที, s) และ m คือ มวลที่แขวนปลายสปริง (กิโลกรัม, kg) ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 โรงเรียนนายเรือ ผู้ทดลองได้ใช้สูตรที่สองคำนวณหาค่าคงที่สปริงโดยวิธีเชิงกราฟ การทดลองใช้นาฬิกาจับเวลาการสั่นแกว่งของมวลติดปลายสปริงจำนวน 25 รอบ แล้วคำนวณหาค่าคาบเวลาเฉลี่ย จากนั้นใช้ค่า T^2 (คาบเวลาเฉลี่ยยกกำลังสอง) เป็นค่าบนแกน y และใช้มวล m ที่แขวนปลายสปริงเป็นค่าบนแกน x เพื่อคำนวณหาค่าคงที่สปริง k จากความชันของกราฟเส้นตรง $Slope = \frac{4\pi^2}{k}$ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากการจับเวลาไม่แม่นยำ ส่งผลให้ค่าคงที่สปริงเกิดความผิดพลาด [2]

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีมาใช้แทนนาฬิกาจับเวลา เช่น การพัฒนาอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 สำหรับการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในชุดทดลองเรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย โดยใช้อุปกรณ์อินฟราเรดวัดคาบเวลาเฉลี่ยและควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 ซึ่งแสดงผลบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน พบว่าผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.15 เมื่อเทียบกับค่าแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดในประเทศไทยจากสถาบันมาตรวิทยา กระทรวงวิทยาศาสตร์ [3] นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาชุดทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบตกอิสระของวัตถุ โดยใช้เซนเซอร์ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ในการวัดเวลาตกของวัตถุจากความสูงที่ระดับต่าง ๆ กัน ผลการทดสอบพบว่าค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ค่า g) ที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน คลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 3.55 [4]

จากการศึกษาข้างต้น ผู้ทดลองจึงมีแนวความคิดในการใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์มาทำการวัดคาบเวลาการสั่นแกว่งในชุดทดลองนี้ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ร่วมกับโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ 1

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

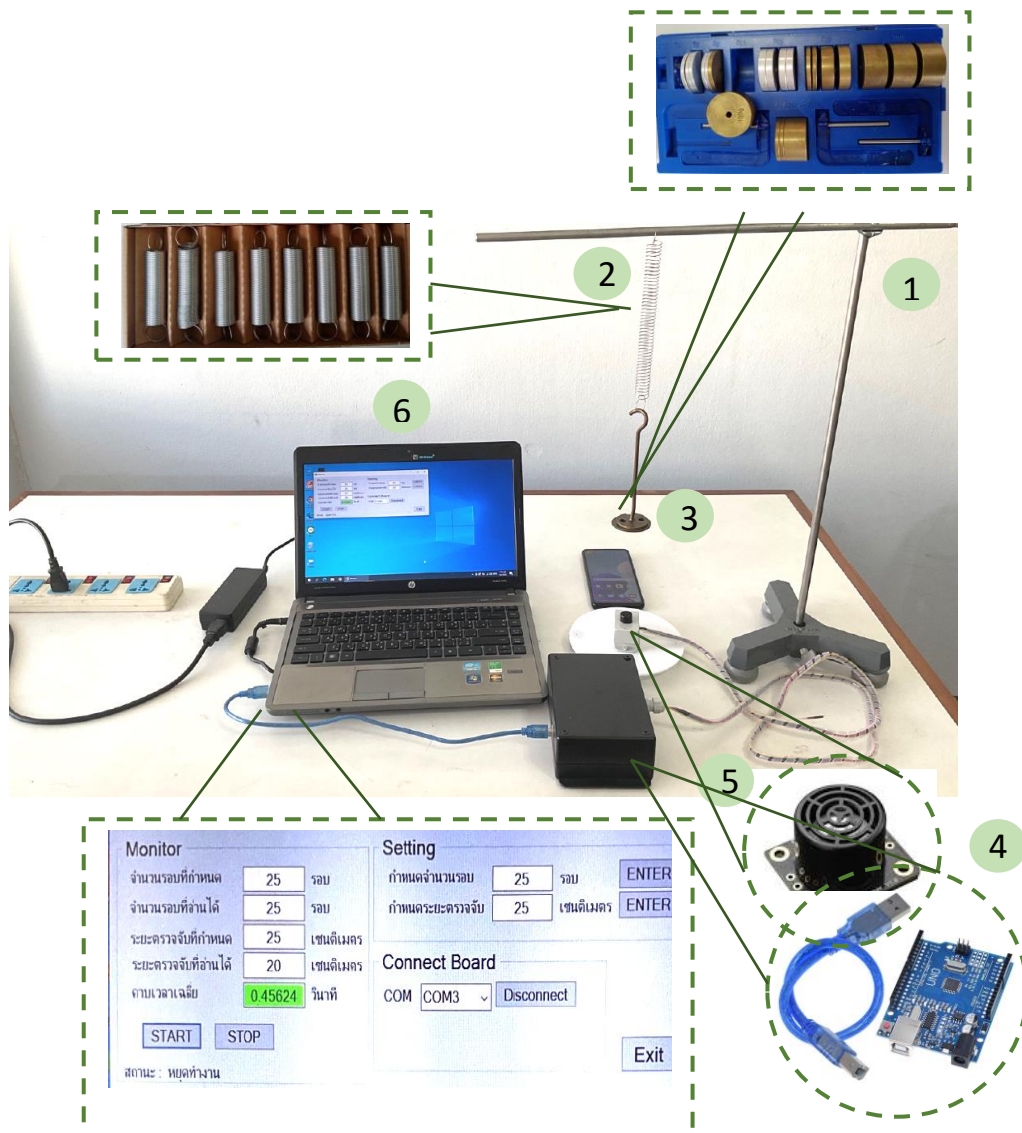


รูปที่ 1 แผนภาพแสดงกรอบแนวคิดในงานวิจัย

4. วิธีการดำเนินการศึกษา

ชุดทดลองประกอบด้วย ชุดวัดคาบเวลาการแกว่งแบบดิจิทัล ชุดมวลติดปลายสปริง ไมโครคอนโทรลเลอร์ บนบอร์ด Arduino Uno R3 และคอมพิวเตอร์ โดยมีลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 2

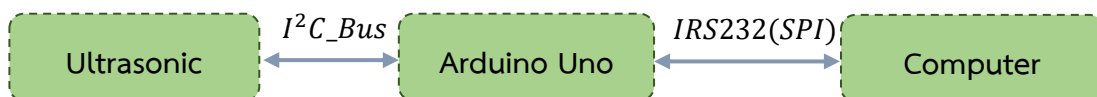


รูปที่ 2 ชุดทดลองวัดคาบเวลาการแกว่งของมวลติดสปริงอย่างง่ายแบบดิจิทัล

1. ชุดประกอบโครงสร้างแขวนสปริง 2. ชุดสปริงมาตรฐานจาก บริษัท PASCO
3. ชุดมวลมาตรฐานจาก บริษัท PASCO 4. Arduino Uno R3 5. Ultrasonic Module URM 13
6. คอมพิวเตอร์

4.2 การออกแบบ

การศึกษาเนื้อหาของการเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่ง (Simple Harmonic Motion: SHM) จากตำราเรียน ฟิสิกส์ 1 และบทความที่เกี่ยวข้อง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดอุปกรณ์การทดลองที่สามารถวัดคาบเวลาของการสั่นแกว่งของมวลที่ติดสปริงได้อย่างมีความแม่นยำสูง เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้การวัดคาบเวลาโดยนาฬิกาจับเวลาแบบเดิม ซึ่งมีความเชื่อถือต่ำ ดังนั้น จึงได้มีการออกแบบระบบการวัดคาบเวลาแบบดิจิทัล ซึ่งกระบวนการในการประดิษฐ์นั้นได้ถูกพัฒนาตามผังอุปกรณ์ที่แสดงดังรูปที่ 2 และดังรูปที่ 4 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 แผนภาพการเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์ในชุดทดลอง

จากรูปที่ 3 ผู้ออกแบบได้เลือกใช้บอร์ด Arduino Uno R3 [5] ตามที่แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นบอร์ดที่ทันสมัยและได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมี Shields ให้เลือกใช้งานหลากหลาย นอกจากนี้ บอร์ดรุ่นนี้ยังรองรับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในไลบรารีต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก โดยมีข้อมูลจำเพาะที่สำคัญดังนี้: ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 ที่รองรับแรงดัน 5V, พอร์ต Digital I/O จำนวน 14 พอร์ต, พอร์ต Analog Input จำนวน 6 พอร์ต, กระแสไฟฟ้าของแต่ละพอร์ตที่ 40 mA, กระแสไฟฟ้าในพอร์ต 3.3V ที่ 50 mA, พื้นที่โปรแกรมภายใน 32 KB พื้นที่แรม 2 KB พื้นที่หน่วยความจำถาวร 1 KB ความถี่ 16 MHz ขนาด 68.6 x 53.4 mm และน้ำหนัก 25 กรัม

ในงานวิจัยนี้ใช้ URM13 Ultrasonic Sensor ที่มีข้อได้เปรียบกว่ารุ่นอื่นตรงที่รวมหัวภาครับและภาคส่งอยู่ในหัวเดียวกัน เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือบอร์ดพัฒนาได้หลากหลาย มีขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับโครงการที่ต้องการความแม่นยำสูงและความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่อ เช่น หุ่นยนต์อัตโนมัติ ระบบวัดระยะทางในอุตสาหกรรม และโครงการที่ต้องการการปรับเทียบอัตโนมัติ ความแม่นยำ $\pm 1\%$ และความละเอียด 1 cm เมื่อเทียบกับ Ultrasonic Sensor รุ่นอื่นๆ เช่น รุ่น HC-SR04 Ultrasonic Sensor จะเหมาะสมสำหรับโครงการพื้นฐานที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมาก เช่น โครงการศึกษาหรือโครงการที่มีงบประมาณจำกัด จะเห็นว่า URM13 Ultrasonic Sensor ตรงกับความต้องการสำหรับชุดทดลองมากกว่ารุ่นอื่นๆ

การทำงานของ URM13 Ultrasonic Sensor ทำหน้าที่วัดระยะระหว่างตำแหน่งมวลแขวนกับพื้น โดยจะเลือกย่านการวัดที่ระยะ 20 - 60 เซนติเมตร ตามที่แสดงดังรูปที่ 5 การทำงานของเซนเซอร์จะเริ่มจากการส่งคลื่นเสียงความถี่ 40 KHz ซึ่งคลื่นที่ปล่อยออกไปจะสะท้อนกับพื้นแล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับ ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งคลื่นเสียงและสะท้อนกลับมายังตัวรับจะถูกนำไปคำนวณเพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดและมวลทดลอง จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลงค่าระยะทางไปกลับเป็นคาบเวลา หน่วยวัดเป็นวินาทีและการสื่อสารกับบอร์ด Arduino Uno R3 จะใช้รูปแบบการเชื่อมต่อผ่าน I2C



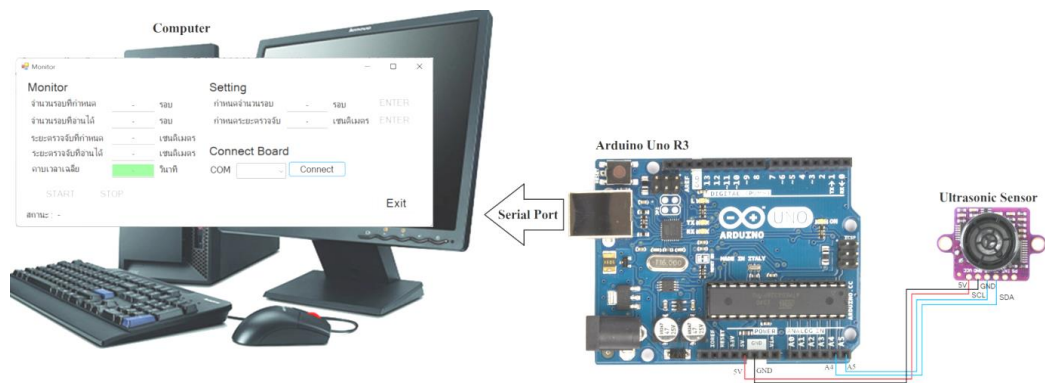
รูปที่ 4 บอร์ด Arduino Uno R3 แบบ Open-source ชิป ATmega328



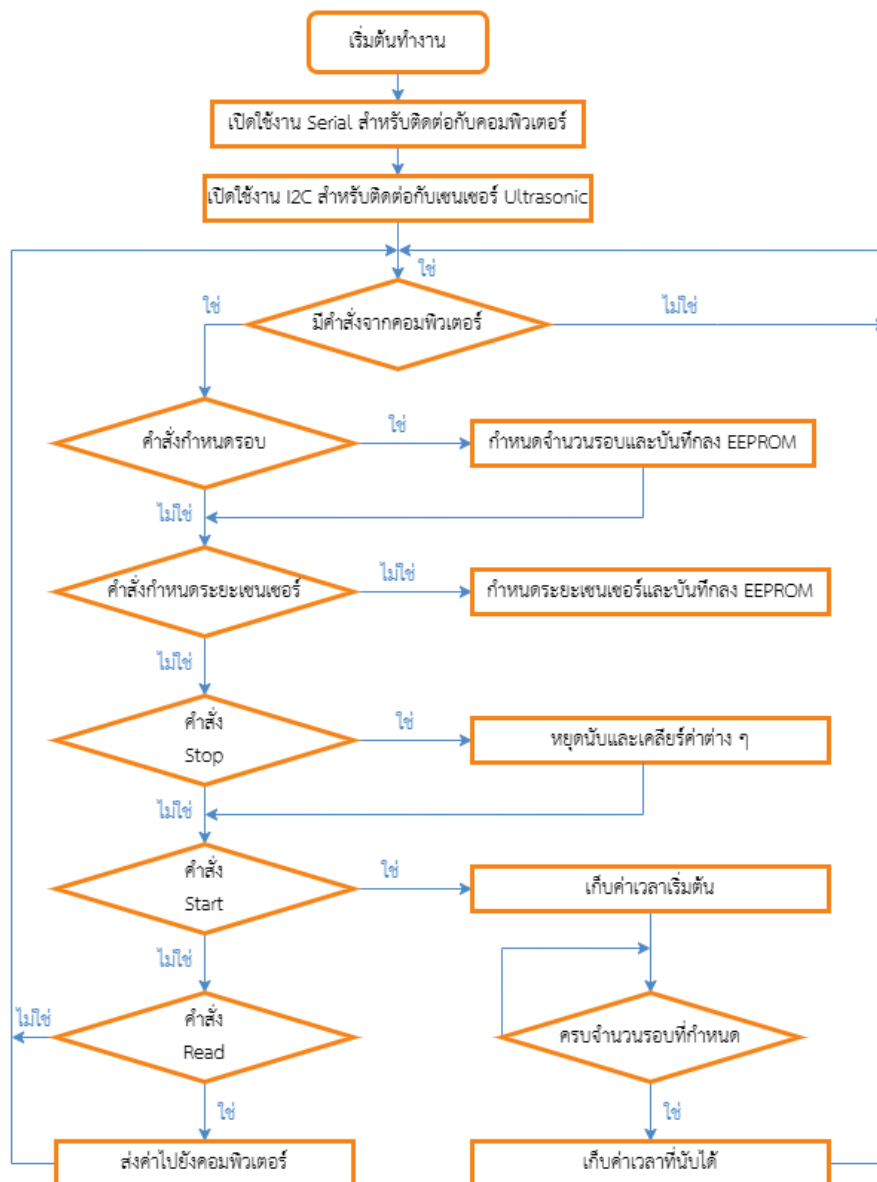
รูปที่ 5 Ultra Sonic Sensor Module URM 13 ขนาด 22 x 20 mm

4.3 ขั้นการประดิษฐ์

ผู้ทดลองได้พัฒนาโปรแกรม C/C++ สำหรับการวัดคาบเวลาการสั่นแกว่งด้วย Arduino Uno R3 โดยโปรแกรมนี้สามารถสร้างไฟล์บนไลบรารีของบอร์ด Arduino และเชื่อมต่อกับ Ultrasonic Sensor ผ่านบัส I2C นอกจากนี้ยังได้พัฒนาไลบรารีคำสั่งย่อย *in_out* สำหรับการติดต่ออินพุตและเอาต์พุตดิจิทัลทางคอมพิวเตอร์ รวมถึงการใช้งานกับ Ultrasonic Sensor โปรแกรมสามารถควบคุมให้อุปกรณ์เลือกตำแหน่งการวัดคาบเวลา ที่ระดับความสูงจากพื้นระหว่าง 20 - 60 เซนติเมตร โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าในการวัดได้จากช่อง *Setting* ซึ่งจะมีการตั้งค่าจำนวนรอบและระดับความสูง เช่น การกำหนดให้วัด 25 รอบที่ระดับความสูง 25 เซนติเมตร ข้อมูลที่ได้จะถูกประมวลผลหาค่าคาบเวลาเฉลี่ยโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 แผนภาพการออกแบบวัดคาบเวลาการแกว่งมวลติดสปริงอย่างง่ายแบบดิจิทัล

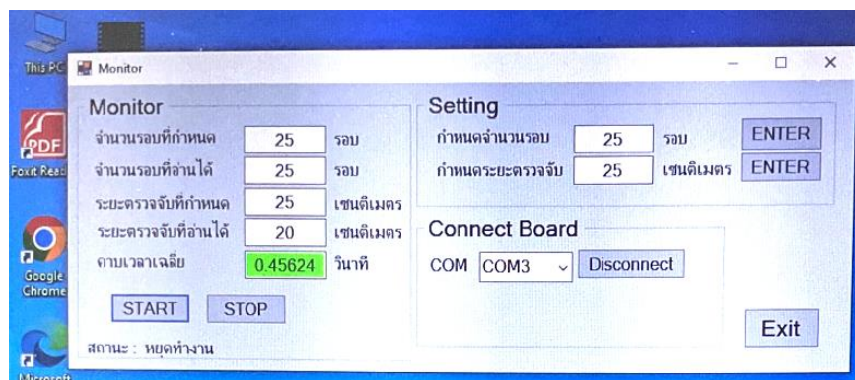


รูปที่ 7 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดทดลองเซนเซอร์วัดคาบการสั่นของมวลติดสปริง

4.4 ดำเนินการทดสอบ

วิธีการทดลอง นักเรียนนายเรือจะเริ่มจากสปริงมาตรฐานที่มาพร้อมกับมวลแขวนดังรูปที่ 8 จากนั้นทำการเปิดโปรแกรมและใช้งาน Serial เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และเปิดใช้งาน I2C เพื่อเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ จากนั้นเลือกช่องที่เชื่อมต่อในส่วนของ Connected Board และเลือก COM3 เป็นช่องที่ใช้สำหรับการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนถัดไปคือการเลือกคำสั่งจากคอมพิวเตอร์โดยกำหนดจำนวนรอบการวัดเวลา (ในงานวิจัยนี้เลือก 25 รอบ) และระยะห่างจากพื้น (ในงานวิจัยนี้เลือก 25 เซนติเมตร) เมื่อทุกอย่างพร้อมแล้ว ให้กดคำสั่ง Start เพื่อเริ่มการทดลองและใช้คำสั่ง Stop เมื่อเสร็จสิ้นเพื่อหยุดการทำงานและล้างข้อมูลให้พร้อมเริ่มใหม่ ในกรณีที่มวลทดลองเหมือนกัน จะทำการทดลองซ้ำ 3 รอบ ตามตารางที่ 1 เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยสำหรับแต่ละมวลทดลองตามสมการที่ 2 แล้วคำนวณหาค่าคาบเวลา จากนั้นคำนวณค่าคงที่สปริงตามสมการที่ 1 แล้วนำผลมาประเมินค่าความแม่นยำเทียบกับค่าคงที่สปริงมาตรฐาน

$$t_{avg} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} \quad (2)$$



รูปที่ 8 แสดงคำสั่งควบคุมการทดลอง

4.5 หาค่าคงที่สปริงโดยวิธีการกราฟ

" นำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาพล็อตกราฟระหว่าง T^2 และ m โดยความชันของกราฟเชิงเส้นความชันของกราฟจะเท่ากับ $(\frac{4\pi^2}{k})$ แล้วคำนวณหา k " [2]

5. ผลการศึกษา

นำค่าคงที่สปริง k ที่ได้จากชุดทดลองการวัดคาบเวลาแบบดิจิทัลและค่าคงที่สปริงแบบนาฬิกาจับเวลาของนักเรียนในปีการศึกษา 2567 มาทำการเปรียบเทียบกับค่าคงที่สปริงมาตรฐานจากบริษัท PASCO (PASCO SE-8749 Spring Set) $k = 8.00 \frac{N}{m}$ ยาว $L = 5.5cm$ และ $\phi = 7mm$ เพื่อหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบ

5.1 ผลการทดสอบชุดทดลองวัดคาบเวลาและค่าคงที่ของสปริงโดยใช้ชุดทดลองแบบดิจิทัล

การใช้ Ultrasonic Sensor ร่วมกับ Arduino Uno R3 และการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์นั้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการทางฟิสิกส์ 1 (PH102) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดสอบที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบชุดอุปกรณ์วัดเวลาและคำนวณค่าคงที่สปริงในการทดสอบการแกว่ง 25 รอบ โดยที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร โดยชุดทดลอง

มวล $m(kg)$	เวลาที่ใช้ในการสั่นของสปริงใน 25 รอบ (s) ที่ความสูง 20 เซนติเมตร			เวลาเฉลี่ย t_{avg}	คาบ $T(s)$	$T^2(s^2)$	$k \left[\frac{N}{m} \right]$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
61.02×10^{-3}	14.025	14.025	14.050	14.033	0.561	0.314	7.67
71.02×10^{-3}	14.850	14.925	15.000	14.925	0.597	0.356	7.87
81.02×10^{-3}	15.825	15.875	15.900	15.867	0.634	0.401	7.97
91.02×10^{-3}	17.500	16.700	16.725	16.975	0.697	0.485	7.41
101.02×10^{-3}	17.650	17.650	17.625	17.641	0.705	0.497	8.02
						$k_{avg} =$	7.79

หมายเหตุ มวลวัตถุที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (m)

= มวลของจาน ($P = 50 \times 10^{-3} kg$) + มวลที่เพิ่ม $m_A = 10, 20, 30, 40, 50 (\times 10^{-3} kg)$ + มวลสปริง/3
สรุปผลการทดลองที่มวลทดลอง 61.02, 71.02, 81.02, 91.02 และ 101.02 กรัม และคำนวณค่าคงที่สปริงตามสมการที่ 1 ได้เท่ากับ 7.67, 7.87, 7.97, 7.41 และ 8.02 นิวตันต่อเมตร ค่าเฉลี่ยค่าคงที่สปริง $k_{avg} = 7.79 \frac{N}{m}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $SD = 0.250$

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการทดสอบด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิทัลของชุดทดลอง

มวล $m(kg)$	เวลาที่ใช้ในการสั่นของสปริงใน 25 รอบ (s) ที่ความสูง 20 เซนติเมตร			$(\bar{x})$	(SD)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
61.02×10^{-3}	14.025	14.025	14.050	14.033	0.014
71.02×10^{-3}	14.850	14.925	15.000	14.925	0.075
81.02×10^{-3}	15.825	15.875	15.900	15.867	0.038

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการทดสอบด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิทัลของชุดทดลอง (ต่อ)

มวล $m(kg)$	เวลาที่ใช้ในการสั่นของสปริงใน 25 รอบ (s) ที่ความสูง 20 เซนติเมตร			$(\bar{x})$	(SD)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
91.02×10^{-3}	17.500	16.700	16.725	16.975	0.454
101.02×10^{-3}	17.650	17.650	17.625	17.641	0.014

5.2 ผลการทดลองวัดด้วยนาฬิกาจับเวลาโดยนักเรียนนายเรือในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1

โดยการนำผลการทดลองของนักเรียนนายเรือชั้นปีที่ 1 จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 นาย มาประกอบการคำนวณ โดยแต่ละกลุ่มจะทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง เลือกตัดค่าสูงสุดและต่ำสุดทิ้ง นำค่ากลาง 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยเวลาของแต่ละกลุ่มทดลองและแต่ละมวลทดลอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบนาฬิกาวัดค่าเวลาเฉลี่ยและคำนวณค่าคงที่สปริงในการทดสอบการแกว่ง 25 รอบ โดยที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร โดยนาฬิกาจับเวลาในห้องเรียนปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 [3]

มวล $m(kg)$	เวลาที่ใช้ในการสั่นของสปริงใน 25 รอบ (s) ที่ความสูง 20 เซนติเมตร			เวลาเฉลี่ย t_{avg}	คาบ $T(s)$	$T^2(s^2)$	$k \left[\frac{N}{m} \right]$
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3				
61.02×10^{-3}	15.024	15.023	15.027	15.025	0.601	0.361	6.67
71.02×10^{-3}	15.239	15.365	15.296	15.301	0.612	0.375	7.47
81.02×10^{-3}	16.210	16.151	15.716	16.025	0.641	0.410	7.80
91.02×10^{-3}	17.520	18.554	18.528	18.200	0.728	0.529	6.73
101.02×10^{-3}	18.253	18.650	18.821	18.575	0.763	0.582	6.85
						$k_{avg} =$	7.10

หมายเหตุ มวลวัตถุที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (m)

= มวลของจาน ($P = 50 \times 10^{-3} kg$) + มวลที่เพิ่ม $m_A = 10, 20, 30, 40, 50 (\times 10^{-3} kg)$ + มวลสปริง/3
สรุปผลการทดลองที่มีมวลทดลอง 61.02, 71.02, 81.02, 91.02 และ 101.02 กรัม และคำนวณค่าคงที่สปริงตามสมการที่ 1 ได้เท่ากับ 6.67, 7.47, 7.80, 6.73 และ 6.85 นิวตันต่อเมตร ค่าเฉลี่ยค่าคงที่สปริง $k_{avg} = 7.10 \frac{N}{m}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $SD = 0.502$

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการทดสอบด้วยนาฬิกาวัดเวลา

มวล $m(kg)$	เวลาที่ใช้ในการสั่นของสปริงใน 25 รอบ (s) ที่ความสูง 20 เซนติเมตร			$(\bar{x})$	(SD)
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3		
61.02×10^{-3}	15.024	15.023	15.027	15.025	0.002
71.02×10^{-3}	15.239	15.365	15.296	15.301	0.063
81.02×10^{-3}	16.210	16.151	15.716	16.041	0.244
91.02×10^{-3}	17.520	18.554	18.528	18.200	0.589
101.02×10^{-3}	18.253	18.650	18.821	18.574	0.291

5.3 ผลการทดสอบหาค่าคงที่โดยวิธีกราฟเส้นตรง

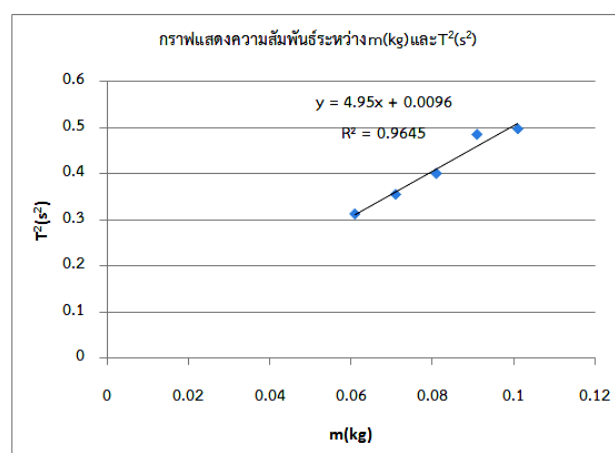
ในการวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสปริงจากสมการของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายตามสมการที่ 1 โดยจัดรูปแบบสมการในลักษณะสมการเชิงเส้นโดยกำหนดให้แกนนอนเป็นค่าคาบเวลากำลังสอง T^2 และแกนตั้งเป็นค่ามวลรวม m มีค่าคงที่ $(\frac{4\pi^2}{k})$ เป็นความชันของสมการ

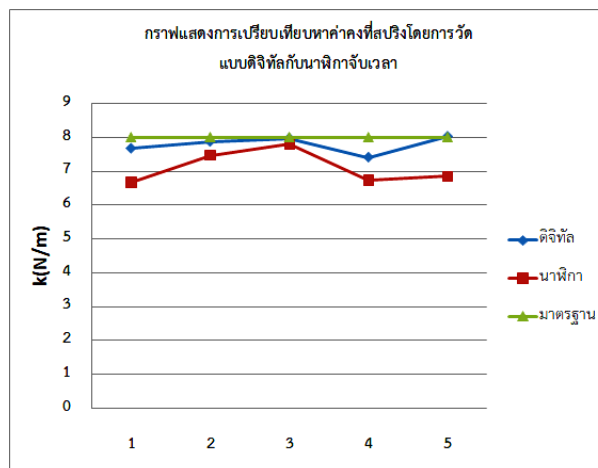
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} m \quad (3)$$

นำผลการทดสอบจากตารางที่ 1 มาพล็อตกราฟเส้นตรง ตามรูปที่ 9 แล้วหาค่าความชันกราฟ *Slope* โดยมีค่าความชันเท่ากับ 4.95

$$Slope = 4.95 \quad (4)$$

วิเคราะห์หาค่าคงที่สปริงระหว่างความชันตามสมการที่ (3) เท่ากับความชันจากกราฟตามสมการที่ (4) $\frac{4\pi^2}{k} = 4.95$ จะได้ค่าคงที่สปริงเป็น 7.97 นิวตันต่อเมตร ($k_{graph} = 7.97 \frac{N}{m}$)

รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบกำลังสอง T^2 กับมวลทดลองแขวน m



รูปที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าคงที่สปริงโดยการวัดแบบดิจิทัลกับนาฬิกาจับเวลา

6. สรุปและอภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

6.1 ค่าคงที่สปริงที่ได้จากชุดทดลองนี้เท่ากับ 7.79 นิวตัน/เมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่สปริงมาตรฐานมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.625

6.2 ค่าคงที่สปริงที่ได้จากกลุ่มทดลองในห้องเรียน ด้วยวิธีนาฬิกาจับเวลาเท่ากับ 7.10 นิวตัน/เมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่สปริงมาตรฐานมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 11.25

6.3 ค่าคงที่สปริงที่ได้จากชุดทดลองวิเคราะห์โดยวิธีทางกราฟเท่ากับ 7.97 นิวตัน/เมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่สปริงมาตรฐานมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.375

6.4 ในการออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องชุดทดลองเซนเซอร์วัดคาบการสั่นของมวลติดสปริงสำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ โรงเรียนนายเรือในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (PH102) ทำให้ได้ชุดทดลองที่ใช้งานง่าย มีราคาถูกและสามารถใช้ในการหาค่าคงที่สปริงได้โดยเมื่อพิจารณาหาค่าคงที่สปริงจากชุดทดลองนี้ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับหาค่าคงที่ของสปริงมาตรฐานพบว่ามีความคลาดเคลื่อน 2.625% แสดงว่านักเรียนนายเรือ (นร.) สามารถใช้ชุดทดลองนี้เพื่อศึกษาคาบเวลาการสั่นแกว่งและค่าคงที่ของสปริงได้

6.5 ชุดทดลองนี้นำมาใช้ในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (PH102) ได้ โดย นร.มีความพึงพอใจต่อชุดทดลองนี้ในด้านลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ชุดทดลองติดตั้งง่าย ชุดทดลองมีขนาดเล็ก วัสดุที่นำมาสร้างชุดทดลองหาได้ง่าย ราคาถูก และชุดทดลองนี้สามารถใช้หาคาบเวลาการสั่นแกว่งและค่าคงที่ของสปริงได้

6.6 ข้อควรระวังในการทดลองนี้ ระยะห่างของเซนเซอร์กับมวลสปริงไม่ควรเกิน 60 เซนติเมตร เนื่องจากการแกว่งของมวลอาจทำให้ไม่อยู่ในแนวตั้งตรงกับเซนเซอร์วัด ส่งผลให้การสะท้อนของเสียงเบนออกจากแนวเซนเซอร์ตัวรับ นอกจากนี้ ควรหลีกเลี่ยงการทดลองในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิส่งผลต่อความเร็วเสียง

6.7 ควรมีการพัฒนาโปรแกรมจัดเก็บและบันทึกผลต่อยอดในรูปแบบฐานข้อมูล เพื่อสามารถสืบค้นข้อมูลย้อนหลังได้ ทั้งในรูปแบบตารางและกราฟ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ในการดำเนินการทดลองต่อไปในกรณีที่การทดลองยังไม่แล้วเสร็จ

6.8 ควรเลือกใช้ Arduino รุ่นใหม่ เช่น ESP32 แทน Arduino UNO R3 จะลดความคลาดเคลื่อนของค่าคาบเวลาและค่าคงที่สปริงลงได้ เนื่องจาก Arduino Uno R3 ที่นำมาใช้มีราคาถูกและเป็นรุ่นฝึกหัดทำให้การแปลงค่าสัญญาณคล้ันกับ URM13 Ultrasonic Sensor มีความคลาดเคลื่อน [7]

เอกสารอ้างอิง

- [1] เซอร์เวย์ อาร์เอ, จูเวท เจดับเบิลยู จูเนียร์. ฟิสิกส์ 1 [Physic for scientists and engineers]. กรุงเทพฯ: เซนเกจ เลินนิง อินโด-ไชน่า; 2561.
- [2] วีระ บุญผุด. การทดลองการสั่นแกว่งของมวลติดสปริงอย่างง่าย. In: คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ 1. สมุทรปราการ: โรงเรียนนายเรือ; 2559. 173-76.
- [3] ภาณุกร วัฒนจ้ง, วีระ บุญผุด. การออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกประกอบชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย. วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2565; 5(1):93-104.
- [4] สมพร บัวประทุม. ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่าย ตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเอง และสมาร์ทโฟน. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ (JSTEL) 2562; 10(2):288-299.
- [5] นพ มหิษานนท์. ARDUINO IoT PROJECTS. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: CORE FUNCTION; 2565. [6] นพ มหิษานนท์. ARDUINO SMART HOME PROJECTS. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: CORE FUNCTION; 2563.
- [7] ภาสกร พาเจริญ. พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์มARDUINO ด้วย ESP32. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: Provision; 2565.