การศึกษาการสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

มลฑิรา ศรีศักดา

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาการสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

มลฑิรา ศรีศักดา

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Real-time investigation of simple harmonics motion by microcontroller and ultrasonic sensor

MONTIRA SRISAKDA

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN PHYSICS EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
BURAPHA UNIVERSITY
2023

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ มลฑิรา ศรีศักดา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัสถา รัตนะ)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา เกตุแก้ว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล)

..... กรรมการ
(ดร.อรรถพล เชยศุภเกตุ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัสถา รัตนะ)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

61920217: สาขาวิชา: ฟิสิกส์ศึกษา; วท.ม. (ฟิสิกส์ศึกษา)
คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย, สปริง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, เซนเซอร์วัดระยะทาง HC-SR04, เวลาจริง, เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04

มลฑิรา ศรีศักดา : การศึกษาการสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค. (Real-time investigation of simple harmonics motion by microcontroller and ultrasonic sensor) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ธนัสถา รัตนะ ปี พ.ศ. 2566.

งานนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายในระบบมวลสปริงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04 โดยชุดทดลองได้การออกแบบมาเพื่อวัดคาบการแกว่งของมวลบนสปริงแบบเวลาจริง ข้อมูลการทดลองถูกบันทึกบนคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Data Streamer ผลการทดลองพบว่าค่าคงที่สปริงของสปริงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตรอยู่ในช่วง 9.04 - 9.21 นิวตันต่อเมตร โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1.28 - 3.23 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่สปริงที่คำนวณโดยใช้กฎของฮุค ในขณะที่ค่าคงที่สปริงของสปริงเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร อยู่ระหว่าง 30.97 - 34.44 นิวตันต่อเมตร โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.42 - 10.43 เปอร์เซ็นต์

61920217: MAJOR: PHYSICS EDUCATION; M.Sc. (PHYSICS EDUCATION)
KEYWORDS: simple harmonic motion, SHM, spring, microcontroller, Arduino, sensor HC-SR04, Ultrasonic

MONTIRA SRISAKDA : REAL-TIME INVESTIGATION OF SIMPLE HARMONICS MOTION BY MICROCONTROLLER AND ULTRASONIC SENSOR. ADVISORY COMMITTEE: TANATTHA RATTANA, 2023.

The objective of this work was to create the experimental setup to study simple harmonic motion in a spring-mass system using an Arduino microcontroller and an ultrasonic sensor HC-SR04. The experimental setup was designed to measure the period of oscillation of a mass on a spring in real-time. The experimental data was recorded on a computer using data streamer software.The results of the experiment found that the spring constant of a spring with a diameter of 0.5 cm ranged from 9.04 - 9.21 N/m with a percentage error of 1.28 - 3.23 % when compared to the spring constant calculated using Hooke's law. Meanwhile, the spring constant of a 0.7 cm diameter spring ranged from 30.97 - 34.44 N/m with a percentage error ranging from 0.42 - 10.43 %.

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัสถา รัตนะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตรวจแก้ไข และวิพากษ์วิจารย์งานตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียด และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล ดร.อรรถพล เชยศุภเกต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา เกตุแก้ว คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์นี้ ที่ให้คำแนะนำ เสนอแนะเพื่อให้งานนิพนธ์สำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณพี่สาว นายธราธร จันทรวรกาญจน์ นายสุภัทร ลอยลาวัลย์ นายเซฟ ไซสวัสดิ์ และนายตฤณภัทร ลีลาพิพัฒน์กุลที่ให้กำลังใจ และสุดท้ายขอบคุณตนเองที่มานะอุตสาหะ ทำงานนิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังว่าผู้ที่ได้อ่านงานนิพนธ์ฉบับนี้จะได้รับความรู้เพิ่มเติมไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ และขอมอบคุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบทุกวันนี้

มลฑิรา ศรีศักดา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 4

2.1.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 4

2.1.2 กฎของฮุค 6

2.1.3 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย 8

2.2 แผงควบคุม Arduino 10

2.3 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 12

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 17

3.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 17

3.2 การทดลองการค่านิจของสปริง (k) โดยกฎของฮุค (Hooke's Law) 18
3.3 สร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 19
3.3.1 จำลองการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino 19
3.3.2 สร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 21
บทที่ 4 ผลการวิจัย 24
4.1 การทดลองการค่านิจของสปริง (k) โดยกฎของฮุค (Hooke's Law) 24
4.2 แบบจำลองการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino 27
4.3 การทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 30
4.3.1 ผลการทดลองสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 30
4.3.2 ผลการทดลองสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร 32
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 36
5.1 สรุปผลการวิจัย 36
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 37
5.3 ข้อเสนอแนะ 37
บรรณานุกรม 38
ภาคผนวก 39
ประวัติย่อของผู้วิจัย 40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 24

ตารางที่ 2 ผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร 25

ตารางที่ 3 ระยะที่ได้จากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino เทียบกับระยะจริง 29

ตารางที่ 4 ค่านิจของสปริงจาการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุคของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 32

ตารางที่ 5 ค่านิจของสปริงจาการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร 34

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภาพการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายกับรถทดลองติดปลายสปริง 4
ภาพที่ 2 กราฟลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 6
ภาพที่ 3 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงของสปริงตามกฎของฮุค 7
ภาพที่ 4 แผนภาพการเคลื่อนที่มวลติดปลายสปริงในแนวราบ 8
ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของแรงในการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย 9
ภาพที่ 6 แผงควบคุม Arduino ต่อกับ LED 10
ภาพที่ 7 แผงควบคุม Arduino ต่อกับแผงควบคุม XBee Shield 11
ภาพที่ 8 ภาพส่วนประกอบของแผงควบคุม Arduino 11
ภาพที่ 9 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 12
ภาพที่ 10 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค 13
ภาพที่ 11 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะคลื่นอัลตร้าโซนิค 14
ภาพที่ 12 สปริงที่ใช้ในการทดลอง 17
ภาพที่ 13 ภาพการจัดอุปกรณ์การทดลองหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค 18
ภาพที่ 14 ภาพการต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 กับแผงควบคุม Arduino 19
ภาพที่ 15 ภาพโปรแกรม Arduino 20
ภาพที่ 16 การทดสอบเซนเซอร์วัดระยะทาง HC-SR04 20
ภาพที่ 17 ภาพการจัดชุดทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ 21
ภาพที่ 18 แถบคำสั่งในโปรแกรม Microsoft Excel 21
ภาพที่ 19 การสร้างแผนภูมิแสดงกราฟการเคลื่อนที่ของมวลติดปลายสปริง 22
ภาพที่ 20 ภาพกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) 25

ภาพที่ 21 ภาพกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) 26

ภาพที่ 22 ภาพแสดงผลการทดสอบชุดคำสั่งในเว็บไซต์เสมือนจริง https://www.tinkercad.com 27

ภาพที่ 23 ไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ร่วมกับแผงควบคุม Arduino 28

ภาพที่ 24 ภาพกราฟความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 163.64 กรัม 30

ภาพที่ 25 ภาพกราฟความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 กรัม 32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งได้มีรายวิชาเพิ่มเติมคือ รายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นวิชาที่นักเรียนแผนการเรียนสายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ได้เรียน และด้วยพื้นฐานรายวิชาฟิสิกส์มีทั้งเนื้อหาสาระความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้จากการทดลอง ซึ่งปัจจุบันจะพบว่าด้วยระบบการสอบเข้าในระดับอุดมศึกษาทำให้นักเรียนมีการเน้นการทำโจทย์ปัญหามากกว่าการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนขาดทักษะการปฏิบัติ การใช้เครื่องมือการทดลอง

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion ; S.H.M) เป็นหนึ่งในเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งทางโรงเรียนสงวนหญิงจังหวัดสุพรรณบุรี ได้จัดการเรียนการสอนไว้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เทอม 1 โดยปกติจะทำการทดลองตามแบบแผนในหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการจัดรูปแบบการทดลองโดยใช้รถทดลองติดปลายสปริง พร้อมติดแถบกระดาษยาวกับเครื่องสัญญาณเวลา ดึงรถทดลองแล้วปล่อยให้ทดลองเคลื่อนที่กลับด้วยแรงดึงกลับของสปริง นำแถบกระดาษมาวิเคราะห์และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา และกราฟความเร็วกับเวลา จะได้ลักษณะกราฟรูปไซน์ แต่จากการสังเกตและสอบถามผู้เรียนยังเกิดความสงสัยในลักษณะการการเคลื่อนที่และกราฟที่สร้างขึ้นจากจุดบนแถบกระดาษ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่พัฒนามากขึ้น และถูกนำมาใช้ในการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เช่น การทดลองเสมือนจริงของ The Physics Education Technology (PhET), โปรแกรมแทรกเกอร์ (Tracker), แอปพลิเคชัน Phyphox และแผงควบคุมอะดูอิโน (Arduino) เป็นต้น และจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ยกตัวอย่างพอสังเขป ดังนี้ งานวิจัยเรื่อง การออกแบบชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของคุณอภิชาติ ทองดอนน้อย (2560) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อออกแบบชุดการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้กล้องวีดีโอและโปรแกรมแทรกเกอร์ โคยศึกษาการกวัดแกว่งของมวลติดปลายสปริง การกวัดแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย และการกวัดแกว่ง 2 มิติ ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมแทรกเกอร์สอดคล้องกับผลเฉลยทางทฤษฎี พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้า ทางการเรียนเฉลี่ยที่ระดับ 0.484 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง จากงานวิจัยจะพบว่าจากการใช้โปรแกรม tracker ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการทดลองผู้เรียนต้องถ่ายวิดีโอการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลในโปรแกรม Tracker ซึ่งอาจไม่สะดวกมากนัก และอีกหนึ่งงานวิจัยในต่างประเทศ คือ วิจัยเรื่อง An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion ของ Calin Galeriu (2557) ทำการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino เพื่อหาค่าคงที่ของสปริงเปรียบเทียบค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้นกับกฎของฮุค ได้ผลการทดลองคือ ค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้น ได้ค่าคงที่ของสปริง 16.48 นิวตันต่อเมตร และค่าจากกฎของฮุคได้ 16.54 นิวตันต่อเมตร ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงใกล้เคียงกัน แต่จากการทดลองผู้เรียนต้องนำข้อมูลจากโปรแกรม Arduino ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ตำแหน่งกับเวลาในโปรแกรมอื่น เช่น Excel เป็นต้น โดยผู้เรียนไม่เห็นลักษณะกราฟที่เกิดขึ้นแบบเวลาจริง

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้คิดสร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยการใช้แผงควบคุม Arduino ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และโปรแกรม Data streamer ในโปรแกรม Excel เพื่อการศึกษาการสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยมวลติดปลายสปริงแนวดิ่งทั้งลักษณะของกราฟรูปไซน์ คาบของการสั่น และค่านิจของสปริง ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น และเสริมความน่าสนใจในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดการทดลองการวัดการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.2 เพื่อหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและสร้างชุดการทดลองการวัดการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ แผงควบคุม Arduino และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04

1.3.2 ทดลองการสั่นของสปริงในแนวดิ่งอย่างง่ายด้วยชุดการทดลองการวัดการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ชุดการทดลองการวัดการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.2 สามารถหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริงได้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางนในการทดลองสำหรับการทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยแผงควบคุม Arduino และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

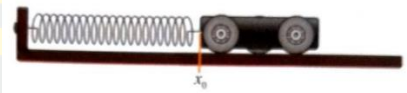
2.1.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

การโคจรของดาวเทียมรอบโลก การสั่นของมวลติดปลายสปริง การเคลื่อนที่ข้างต้นเป็นการเคลื่อนที่ เป็นคาบเหมือนกัน โดยดาวเทียมจะเคลื่อนที่วนกลับมาที่ตำแหน่งเดิม ส่วนมวลติดสปริงเคลื่อนที่ กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งกึ่งกลาง เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การสั่น (Vibration) หรือ การแกว่งกวัด (Oscillation) ทั้งสองคำนี้หมายถึงการเคลื่อนที่เดียวกัน ในบทนี้เน้นการเข้าใจการสั่นแบบที่ง่ายที่สุด เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion : S.H.M) โดยแรงที่กระทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีความสัมพันธ์กับกฎของฮุค

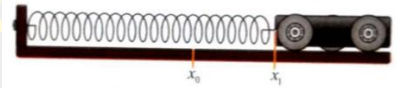
1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถทดลองติดปลายสปริงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังภาพที่ 1 (ก.) – (ง.)

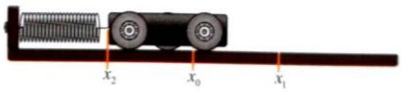
(ก.)



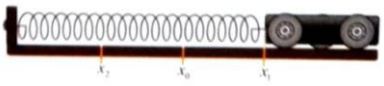
(ข.)



(ค.)



(ง.)



ภาพที่ 1 แผนภาพการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายกับรถทดลองติดปลายสปริง (ก.) รถทดลองติดปลายสปริง และอยู่ตำแหน่งสมดุล x_0 (ข.) ตำแหน่งรถทดลองที่เวลา $t = t_0$ (ค.) ตำแหน่งรถทดลองที่เวลา $t = t_1$ (ง.) ตำแหน่งรถทดลองที่เวลา $t = t_2$

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

รถทดลองติดปลายสปริงวางอยู่บนพื้น ล้อของรถทดลองหมุนคล่อง ซึ่งประมาณได้ว่าแรงเสียดทานไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถ ทดลอง ให้ตำแหน่ง : รถทดลองอยู่นิ่งสปริง ไม่ยืดตัวและไม่หดตัว เรียกตำแหน่งนี้ว่า ตำแหน่งสมดุล (Equilibrium Position) ดังภาพที่ 1 (ก.)

ดึงรถทดลองให้เคลื่อนที่ออกจาก ตำแหน่งสมดุลไปทางขวาที่ตำแหน่ง x_1 ดังภาพที่ 1 (ข.) และให้ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นที่เวลา $t = t_0$

ปล่อยมือให้รถทดลองเคลื่อนที่จาก หยุดนิ่งไปทางซ้าย ผ่านตำแหน่งสมดุล โดยขณะผ่านตำแหน่งสมดุลรถทดลองมีอัตราเร็วสูงสุด จนกระทั่งที่เวลา $t = t_1$ รถทดลองมีอัตราเร็วเป็นศูนย์ที่ตำแหน่ง x_2 และกำลังจะเคลื่อนที่กลับมาทางด้านขวา ดังภาพที่ 1 (ค.)

รถทดลองเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นที่เวลา $t = t_2$ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ ดังภาพที่ 1 (ง.)

เวลาที่รถทดลองใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นจนกลับมาถึงตำแหน่งเดิมเป็นเวลาที่ใช้ ในการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ เรียกว่า คาบ (Period) แทนด้วย T ซึ่งพิจารณา ความถี่ (Frequency) ของการเคลื่อนที่ได้จาก $T = \frac{1}{f}$

ขณะรถทดลองอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ $x = x_i$ สามารถบอกการกระจัดของรถทดลองอ้างอิงกับตำแหน่งสมดุล $(x = x_0 = 0)$ โดยเขียนเวกเตอร์บอกตำแหน่ง (Position Vector) ในหนึ่งมิติที่มีทิศทาง จากตำแหน่งสมดุลไปยังตำแหน่งของรถทดลองขณะนั้น ๆ เรียกเวกเตอร์นี้ว่า การกระจัด (Displacement) ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แทนด้วย $\overline{x}$

จากภาพ 1 (ข.) และ (ค.) ที่ตำแหน่ง x_1 และ x_2 เป็นตำแหน่งที่รถทดลองอยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุล มากที่สุดหรือมีขนาดการกระจัดมากที่สุด เรียกขนาดการกระจัดสูงสุดนี้ว่า แอมพลิจูด (amplitude) แทนด้วย A

การเคลื่อนที่ของรถทดลองติดปลายสปริงที่กล่าวมาในข้างต้น เป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีแอมพลิจูดและคาบคงตัว เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ปริมาณต่างๆ ที่สำคัญของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (S.H.M) คือ

1. แอมพลิจูด (Amplitude, A) คือ ขนาดของการกระจัดของวัตถุที่วัดจากตำแหน่งสมดุลถึงจุดปลายทั้งสองข้าง ซึ่งมีค่ามากที่สุดและมีค่าคงที่เสมอ
2. คาบ (Period, T) คือ ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ มีหน่วยเป็นวินาทีต่อรอบ
3. ความถี่ (Frequency, f) คือ จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

การกระจัดทาง X ในรูปฟังก์ชันของเวลา t ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยทั่วไปเขียนเป็นสมการได้เป็น

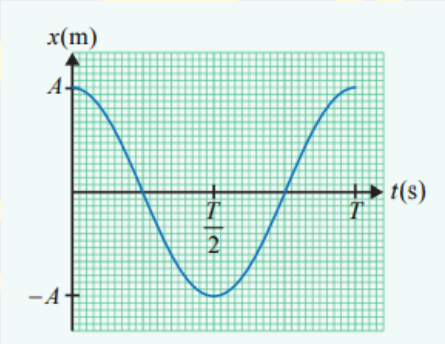
$$x = x_m \cos(\omega t + \phi) \qquad (2.1)$$

ซึ่ง x_m คือ การกระจัดสูงสุด หรือ แอมพลิจูด

ω คือ ความถี่เชิงมุม หรือ อัตราเร็วเชิงมุม

ϕ คือ (เฟส) ตำแหน่งเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ซ้ำทางเดิม

การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลา t จะสัมพันธ์กับฟังก์ชันไซน์หรือโคไซน์ ตามภาพที่ 2 และการเคลื่อนที่ของวัตถุจะขึ้นอยู่กับค่า ϕ เริ่มต้นด้วย



ภาพที่ 2 กราฟลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

การเคลื่อนที่ของวัตถุลักษณะนี้ จะเป็นรูปไซน์ขึ้นอยู่กับค่า ϕ เริ่มต้น เช่น จากภาพที่ 2 ค่า ϕ เริ่มต้น คือ $\frac{\pi}{2}$ สามารถเขียนเทียบกับสมการได้ ดังนี้

สมการรูปไซน์ $$x = x_m sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \qquad (2.2)$$

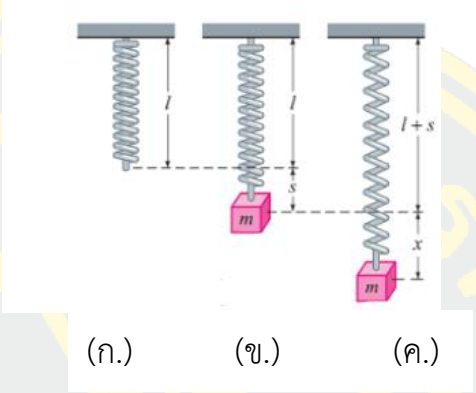
สมการรูปโคไซน์ $$x = x_m cos(\omega t) \qquad (2.3)$$

ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย จึงอาจจะเขียนทั้งในรูปแบบของสมการรูปไซน์ และโคไซน์

2.1.2 กฎของฮุค

กฎของฮุคเป็นเพียงการประมาณเชิงเส้นอันดับหนึ่งสำหรับการตอบสนองที่แท้จริงของสปริงและวัตถุยืดหยุ่นอื่นๆ ต่อแรงกระทำ กฎของฮุคใช้ได้ภายในขีดจำกัดของสภาพยืดหยุ่น เนื่องจากไม่มีวัสดุใดที่สามารถบีบอัดเกินขนาดต่ำสุดที่กำหนด หรือยืดเกินขนาดสูงสุด โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปถาวร หรือการเปลี่ยนแปลงสถานะ วัสดุจำนวนมากจะเบี่ยงเบนไปจากกฎของฮุคอย่างเห็นได้ชัดก่อนที่จะถึงขีดจำกัดความยืดหยุ่นเหล่านั้น

พิจารณาสปริงอย่างง่ายที่มีปลายด้านหนึ่งติดอยู่กับวัตถุบางอย่างคงที่ในขณะที่ปลายจะถูกดึงโดยแรงที่มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg สมมติว่าสปริงเข้าสู่สภาวะสมดุลหลังจากใส่วัตถุแล้วที่ตำแหน่ง และเมื่อออกแรงดึงให้ได้ระยะยืดของสปริงจากแนวสมดุลเป็นระยะ x ตามภาพที่ 3 ค)



(ก.) (ข.) (ค.)

ภาพที่ 3 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงของสปริงตามกฎของฮุค
(ก.) สปริงปกติยังไม่แขวนมวล (ข.) สปริงในสภาวะสมดุลเมื่อแขวนมวล
(ค.) สปริงในสภาวะถูกยืดออกเป็นระยะ x
(Wright, 2012)

กฎของฮุคระบุว่า แรงดึงกลับของสปริงเป็นสัดส่วนกับการกระจัดและกระทำไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการกระจัด x ดังนั้น แรงคืนจะได้รับโดย $-\mathrm{k(s+x)}$ค่าคงที่สปริงมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อฟุตในระบบอังกฤษ และเป็นนิวตันต่อเมตรในระบบเมตริก ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ผลรวมของแรงในระบบ (แรงโน้มถ่วงบวกแรงคืนตัว) เท่ากับมวลคูณความเร่ง ดังนั้นเราจึงได้

$$m\ddot{x} = -k(s+x) + mg$$
$$m\ddot{x} = -ks - kx + mg \qquad (2.4)$$

จากการสมดุล $mg = ks$ จะได้ $m\ddot{x} = -kx$

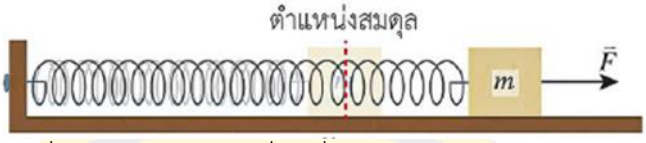
ถ้าพิจารณาความเร็วเชิงมุม $\omega = \sqrt{k/m}$ นั้นคือ $k = \omega^2 m$

จะได้

$$m\ddot{x} + kx = 0$$
$$m\ddot{x} + \omega^2 mx = 0$$
$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \qquad (2.5)$$

2.1.3 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย

1) มวลติดปลายสปริงในแนวราบ



ภาพที่ 4 แผนภาพการเคลื่อนที่มวลติดปลายสปริงในแนวราบ

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

เมื่อทำให้สปริงมีความยาวเปลี่ยนแปลงไปตำแหน่งจากแนวสมดุล จะมีแรงดึงกลับหรือแรงพยายามทำให้วัตถุรักษาสภาพเดิม เรียกแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุนี้ว่าแรงดึงกลับ (Restoring force) ถ้า f เป็นแรงดึงกลับนี้จัดได้ว่า แรงดึงกลับแปรผันตรงกับระยะการกระจัดดังนั้น

ตามกฎของฮุค $\vec{F} = -k\vec{x}$ (2.6)

แรงดึงกลับมีเครื่องหมายลบเพราะทิศทางของเวกเตอร์ของแรงกับเวกเตอร์ของการกระจัด x มักจะตรงข้ามกันเสมอ ค่า k คือค่านิจของสปริง (Spring constant)

กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\vec{F} = m\vec{a}$ (2.7)

ดังนั้น $m\vec{a} = -k\vec{x}$ (2.8)

การหาคาบและความถี่ของการสั่นของวัตถุที่ติดปลายสปริง

จาก $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$ (2.9)

และ $\vec{a} = -\omega^2\vec{x}$ (2.10)

จะได้ $\omega^2 = \frac{k}{m}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ (2.11)

จาก $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (2.12)

ดังนั้น $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (2.13)

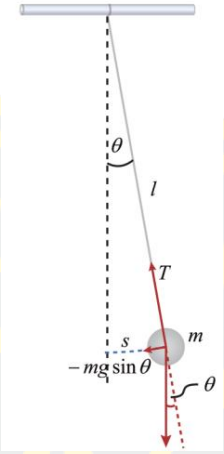
และจาก $T = \frac{1}{f}$ (2.14)

จะได้ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ (2.15)

2) การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่ชัดเจนอีกลักษณะหนึ่งคือการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple pendulum) ซึ่งประกอบด้วยวัตถุมวล m แขวนห้อยที่ปลายเชือกยาว L โดยธรรมชาติจะแขวนห้อยในแนวดิ่งซึ่งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุให้เชือกเอียงไปทำมุม θ กับแนวดิ่งเล็กน้อยแล้วปล่อย วัตถุจะแกว่งกลับไป มา ซ้ำทางเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล ลูกตุ้มนาฬิกา ชิงช้า จะเป็นการแกว่งแบบเดียวกับลูกตุ้มอย่างง่าย โดยความถี่และคาบในการแกว่งของ

ลูกตุ้มจะสัมพันธ์กับความยาว l ที่วัดจากจุดแขวนไปจนถึงศูนย์กลางมวลของวัตถุ โดยไม่ขึ้นกับมวลที่แขวน



ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของแรงในการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย
(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d^2s}{dt^2}$

s เขียนได้ในรูปของความยาวเชือก L และมุม θ ดังนี้

$$s = \theta L \tag{2.16}$$

แทนค่า $$\vec{F} = mL\frac{d^2\theta}{dt^2} \tag{2.17}$$

เมื่อพิจารณาแรงที่เกิดจากน้ำหนัก mg ของลูกตุ้ม สามารถแตกแรงออกเป็น 2 ส่วน คือ $mgcos\theta$ ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับเส้นเชือก และ $mgsin\theta$ ซึ่งอยู่ในแนวเส้นสัมผัส โดยแรง $mgsin\theta$ เป็นแรงดึงลูกตุ้มให้เคลื่อยที่จากแนวสมดุล และพยายามดึงกลับให้วัตถุรักาสภาพเดิมไว้ ส่งผลให้การเคลื่อนที่กลับไปกลับมา นั้นคือ

$$F = -mgsin\theta \tag{2.18}$$

จาก $$\vec{F} = mL\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

จะได้ $$\vec{F} = mL\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgsin\theta$$

$$L\frac{d^2\theta}{dt^2} = -gsin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}sin\theta \tag{2.19}$$

เมื่อเป็นมุมเล็กๆสามารถประมาณ $sin\theta \approx \theta$

จะได้ $$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta$$

$$\omega^2 = \frac{g}{L}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.20)$$

จาก $T = \frac{2\pi}{\omega}$

ดังนั้น $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2.21)$

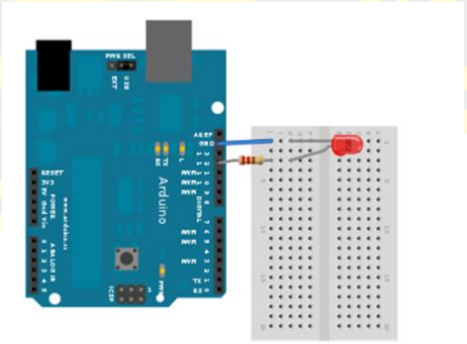
และจาก $T = \frac{1}{f}$

จะได้ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.22)$

2.2 แผงควบคุม Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวแผงควบคุม Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้

ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ เข้ากับแผงควบคุม Arduino คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาต่อกับแผงควบคุม Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อไป



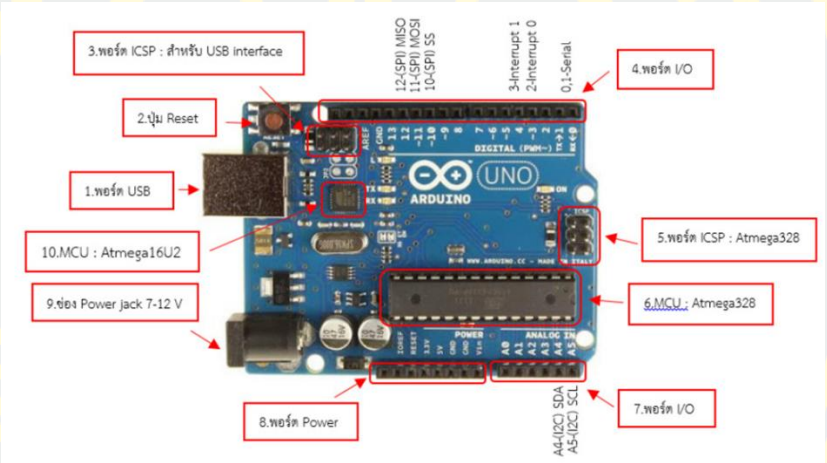
ภาพที่ 6 แผงควบคุม Arduino ต่อกับ LED

(Thaieasyelec, 2560)

ภาพที่ 7 แผงควบคุม Arduino ต่อกับแผงควบคุม XBee Shield

(Thaieasyelec, 2560)

ส่วนประกอบของแผงควบคุม Arduino



ภาพที่ 8 ภาพส่วนประกอบของแผงควบคุม Arduino

(Thaieasyelec, 2560)

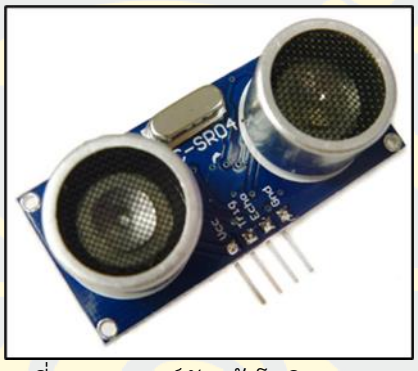
1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนแผงควบคุม Arduino
7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.3 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04



ภาพที่ 9 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04

(RobotSiam, 2559)

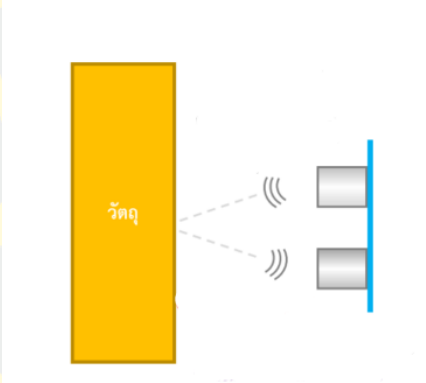
โมดูลอัลตร้าโซนิคนี้เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm โดยส่งสัญญาณอัลตร้าโซนิคความถี่ 40 kHz ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง

คลื่นอัลตร้าโซนิค เป็นคลื่นความถี่เหนือความถี่สัญญาณเสียง โดยปกติแล้ว มนุษย์จะสามารถได้ยินเสียง หรือรับรู้ได้ที่ความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz แต่คลื่นอัลตร้าโซนิคนั้น ระบุเพียงว่าเป็นคลื่นที่มีความถี่เหนือคลื่นความถี่เสียง แต่ไม่ได้บอกว่าความถี่เท่าใด

ความถี่อัลตร้าโซนิคที่นิยมใช้งานในเซนเซอร์วัดระยะรุ่นต่าง ๆ จะมีความถี่ที่ประมาณ 40kHz ข้อดีของการใช้ความถี่นี้ คือมีลักษณะของความยาวคลื่นที่สั้น ส่งผลให้คลื่นไม่แตกจายออกเป็นวงกว้าง และสามารถยิงคลื่นตรงไปชนวัตถุใด ๆ ก็ได้ และนอกจากนี้ความถี่ 40 kHz ยังเป็นความถี่ที่มีระยะเดินทางเพียงพอกับการใช้งาน หากใช้ความถี่สูงขึ้น จะทำให้คลื่นเดินทางได้ในระยะทางที่ลดลง ทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงจะวัดระยะได้ในระยะที่สั้น

หลักการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค

หลักการที่สำคัญของการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค คือการส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคจำนวนหนึ่งออกไปจากตัวส่ง (Transmitter) เมื่อคลื่นวิ่งไปชนกับวัตถุ คลื่นจะมีการสะท้อนกลับมา แล้ววิ่งกลับไปชนตัวรับ (Receiver) ด้วยการเริ่มนับเวลาที่ส่งคลื่นออกไป จนถึงได้รับคลื่นกลับมานี้เอง ทำให้เราสามารถหาระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ได้



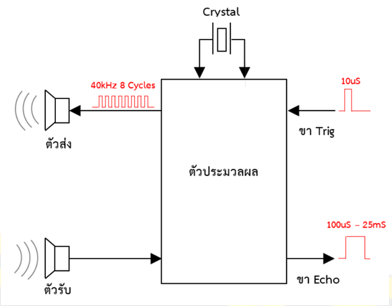
ภาพที่ 10 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค
(Artronshop, 2564)

ระยะเวลาที่ได้จากการวัดช่วงเวลาการเดินทางไปและกลับนี้ เราสามารถนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอัตราเร็วที่เสียงสามารถเดินทางได้ไปในอากาศได้เลย โดยอัตราเร็วเสียงที่เดินทางได้ในอากาศสามารถหาได้ตามสูตร

อัตราเร็วของเสียงในอากาศ = 331 + (0.606 x อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส) เมตรต่อวินาที

หรือ $$v = 331 \times 0.606t \qquad (2.23)$$

สังเกตว่า อัตราเร็วของเสียงที่เดินทางในอากาศนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ณ ขณะนั้นด้วย ดังนั้นในเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคบางรุ่น จึงมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาด้วย ทำให้สามารถวัดระยะทางได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับในรุ่นที่ไม่มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถนำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาต่อเพื่อแก้ค่าความผิดพลาดเองได้ หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคในโมดูลเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคนั้น จะมีวงจรที่แตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละรุ่นมีความสามารถที่แตกต่างกัน แต่ยังคงมีหลักการทำงานงานที่สำคัญที่เหมือนกัน



ภาพที่ 11 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะคลื่นอัลตร้าโซนิค

(Artronshop, 2564)

จากภาพที่ 11 จะเห็นว่า เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้าไปที่ Trig วงจรภายในจะเริ่มสร้างความถี่ 40kHz จำนวน 8 ลูกคลื่นออกไป โดยใช้ความถี่จากคลิสตอลเป็นตัวอ้างอิง แล้วตัวส่งที่เปรียบเสมือนลำโพง จะส่งสัญญาณออกไป จากนั้นเมื่อคลื่นวิ่งกลับมาที่ตัวรับ ที่เปรียบเสมือนเป็นไมโครโฟน สัญญาณไฟฟ้าจะผ่านตัวประมวลผล แล้วให้ค่าเอาต์พุตออกมาทางขา Echo จะเห็นว่า แกนหลักของเซนเซอร์จะเป็นตัวประมวลผล ซึ่งตัวประมวลผลนี้ ในแต่ละรุ่นก็จะแตกต่างกัน อย่างในรุ่น HC-SR04 จะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATtiny24 ในรุ่น US-100 ก็จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบเดียวกัน แต่ไม่ทราบเบอร์ เนื่องจากเบอร์ไอซีบนโมดูลโดนลบ

หลักการใช้งานจะแบ่งออกได้หลายแบบ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับบัสที่ใช้สื่อสาร สามารถแบ่งได้ดังนี้ การทริกสัญญาณเซนเซอร์หลายรุ่น ใช้วิธีนี้ในการติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในแต่ละรุ่นจะใช้จำนวนสายไม่เท่ากัน ในบางรุ่นจะใช้สาย 2 เส้น คือ Trig สำหรับส่งสัญญาณ และ Echo สำหรับรับสัญญาณกลับมา และในบางรุ่นจะใช้เส้นเดียว คือทั้ง Trig และ Echo อยู่เส้นเดียวกันเลย และใช้วิธีแบ่งเวลารับ - ส่งข้อมูล (หลักการเหมือน 1-wire bus) ในการสื่อสารแบบทริกสัญญาณเริ่มต้นจะต้องให้สัญญาณขา Trig มีสถานะทางลอจิกเป็น LOW เสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มทริกสัญญาณโดยให้ขา Trig มีสถานะเป็น HIGH ค้างไว้อย่างน้อย 10uS แล้วจึงปรับสถานะเป็น LOW จากนั้น ที่ขา Echo ให้เตรียมรับสัญญาณทริก HIGH กลับมา เมื่อมีการส่งสัญญาณ HIGH กลับมา ให้เริ่มนับเวลาที่สัญญาณเป็น HIGH และเมื่อสัญญาณขา Echo กลับเป็น LOW ให้สิ้นสุดการนับเวลา แล้วจึงนำค่าเวลาที่นับได้ ไปคำนวณอีกที ซึ่งในการคำนวณนั้น จะขึ้นอยู่กับรุ่น ในบางรุ่นสามารถใช้ค่าอัตราเร็วเสียงมาคำนวณได้เลย แต่ในบางรุ่น ต้องใช้สูตรคำนวณเฉพาะ HC-SR04 รุ่น HC-SR04 เป็นรุ่นที่ถูกนิยมใช้งานมากที่สุด การสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้วิธีทริกสัญญาณ ขาใช้งานจะมี 4 ขา คือขา VCC Trig Echo และ GND ในรุ่นนี้รองรับแรงดันไฟเลี้ยงที่ 5V กรณีที่แรงดันไฟเลี้ยงน้อยกว่า 5V โมดูลจะไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Calin Galeriu et al (2014) ทำการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้เซนเซอร์ HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino เพื่อหาค่าคงที่ของสปริงเปรียบเทียบค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้น กับกฎของฮุค ได้ผลการทดลองคือ ค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้น ได้ค่าคงที่ของสปริง 16.48 นิวตันต่อเมตร และค่าจากกฎของฮุคได้ 16.54 นิวตันต่อเมตร ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงใกล้เคียงกัน

จิตรา สอนพงษ์ (2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนปลาค้าววิทยานุสรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 42 คน ซึ่งใช้แบบแผนการวิจัยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ความก้าวหน้าทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายสูงขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนหลังเรียนกับคะแนนหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความก้าวหน้าทางการเรียนของชั้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงอยู่ในระดับมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่านได้ และสร้างความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

เอกพงศ์ บัวชุม และสุระ วุฒิพรหม และธนิดา สุจริตธรรม (2563) ทำการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้เซนเซอร์ HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino เพื่อหาค่าคงที่ของสปริงเปรียบเทียบค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้นกับกฎของฮุค ได้ผลการทดลองคือ ค่าจากชุดการทดลองที่สร้างขึ้น ได้ค่าคงที่ของสปริง 16.75 นิวตันต่อเมตร และค่าจากกฎของฮุคได้ 16.77 นิวตันต่อเมตร ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงใกล้เคียงกัน

อภิชาติ ทองดอนน้อย (2560) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อออกแบบชุดการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดย ใช้กล้องวีดิโอและโปรแกรมแทรกเกอร์ โคยศึกษาการกวัดแกว่งของมวลติดปลายสปริง การกวัดแกว่งของ ลูกตุ้มอย่างง่าย และการกวัดแกว่ง 2 มิติ ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมแทรกเกอร์สอดคล้องกับผลเฉลย ทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนของลูกตุ้มอย่างง่ายไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และทำให้นักเรียนเห็น ความสัมพันธ์ของขนาดและทิศทางของการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง เมื่อผู้วิจัยนำชุดทดลองไปใช้ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมฐานบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมจำนวน 40 คน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้า ทางการเรียนเฉลี่ยที่ระดับ 0.484 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง

สาธิรัช สะสม และเมทิตา จุปะมะโท (2562) บทความวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงด้วย Arduino มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาค่าคงที่ของสปริงติดมวล และความสัมพันธ์ระหว่างมวล และค่าคงที่ของสปริงติดมวล และคาบการเคลื่อนที่ของสปริง 2) พัฒนาสื่อการสอนทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง โดยใช้Arduino ผลการทดลองทำโดยการแขวนมวลติดสปริง 100,200,250 และ 300 กรัม ตามลำดับ หาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino พบว่าคาบที่ได้จากการวัดโดยใช้ Arduino มีค่าเท่ากับ 4.29,2.14,1.50 และ 1.25 วินาที ตามลำดับ และค่าคงที่ของสปริงมีค่า 0.45 นิวตันต่อเมตร และการหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุคโดยการแขวนมวลติดสปริง 100, 150,200,250 และ 300 กรัม พบว่าระยะยืดที่ได้จากการทดลอง มีค่าเท่ากับ1.56,4.00,6.26, 8.53 และ10.83 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าคงที่ของสปริงมีค่าเท่ากับ 0.46 นิวตันต่อเมตร จากการทดลองหาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้Arduino และการหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค พบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2%

Stallmach (2020) ทำการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้โทรศัพท์มือถือ และแอปพลิเคชัน Phyphox ได้กราฟผลการทดลองระหว่างความเร่ง กับเวลา นำมาหาคาบของการเคลื่อนที่ และนำมาเขียนกราฟระหว่าง T_1^2/T_0^2 กับมวลถ่วงด้านล่างของโทรศัพท์มือถือเพื่อให้เกิดการสมดุล m_e และนำมาเปรียบเทียบการชั่งมวลโดยตรง ได้ผลการทดลอง คือ m_e จากการคำนวณจากกราฟได้ 236 $\pm$30 กรัม และจากการชั่งโดยตรง 256.10$\pm$0.02 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

E. Pratidhina et al (2020) ทำการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย และการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้โปรแกรม Tracker เพื่อดูลักษณะกราฟความสัมพันธ์ของการกระจัดกับ

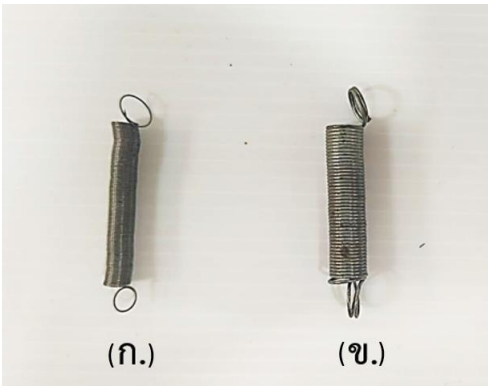
เวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลา ของทั้งสองการเคลื่อนที่ ผลการทดลองคือ ทั้งเคลื่อนที่มีลักษณะกราฟความสัมพันธ์ที่เหมือนกันคือเป็นกราฟรูปไซน์

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

3.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. สปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มวล 0.66 กรัม และสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มวล 5.31 กรัม
2. จานลูกตุ้มน้ำหนัก มวล 102.93 กรัม
3. มวลถ่วง
4. ไม้บรรทัด
5. ขาตั้ง พร้อมที่จับยึด
6. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค
7. เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04
8. แผงควบคุม Arduino
9. เว็บไซต์ https://www.tinkercad.com
10. โปรแกรม Arduino
11. โปรแกรม Data Streamer
12. กล่อง ขนาด 14x20x6 เซนติเมตร



ภาพที่ 12 สปริงที่ใช้ในการทดลอง

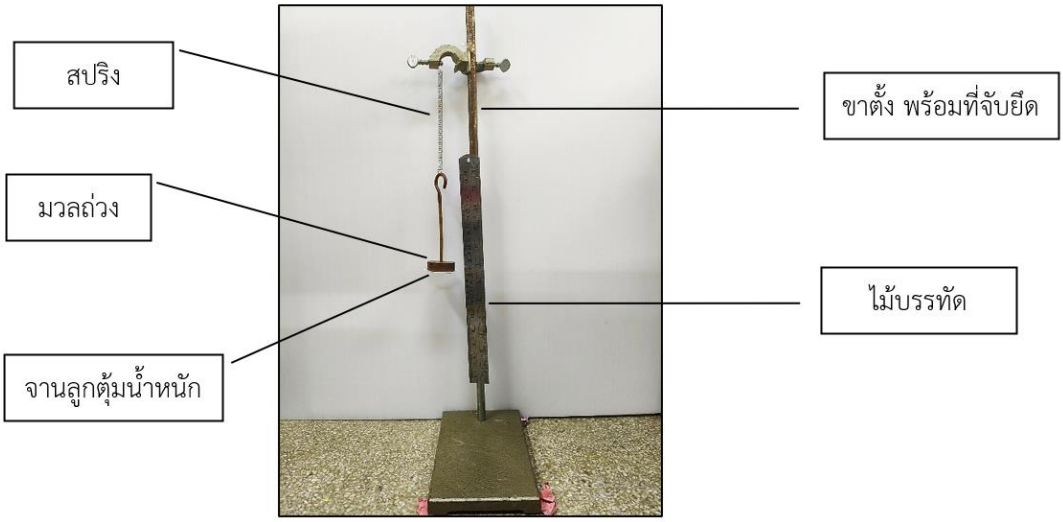
(ก.) สปริงขนาดผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

และ (ข.) สปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

3.2 การทดลองการค่านิจของสปริง (k) โดยกฎของฮุค (Hooke's Law)

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งขาตั้งกับฐาน และใส่ที่จับยึดไว้ด้านบน เพื่อเป็นที่ห้อยของสปริง
2. นำไม้บรรทัดมาติดกับขาตั้ง ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ภาพการจัดอุปกรณ์การทดลองหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค

3. นำสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มาห้อยตรงที่จับยึด และนำจานลูกตุ้มน้ำหนักมวล 102.93 กรัมมาห้อย พร้อมจดระยะขอบล่างของจานลูกตุ้มน้ำหนักที่ตรงกับขีดเส้นบนไม้บรรทัดไว้เป็นค่าอ้างอิงเริ่มต้น บันทึกผลลงตาราง
4. เพิ่มมวลถ่วง 5 ครั้ง คือ 10.62, 20.28, 30.00, 40.88 และ51.40 กรัม ตามลำดับ
5. แต่ละครั้งจดระยะขอบล่างของฐานรองที่ตรงกับขีดเส้นบนไม้บรรทัด และบันทึกผล
6. คำนวณน้ำหนักถ่วงหรือแรงดึงสปริง (F) แต่ละครั้ง โดยใช้สมการ $F = mg$ เมื่อ m คือ มวลถ่วงแต่ละครั้ง
7. คำนวณหาระยะยืดของการทดลองแต่ละครั้ง บันทึกผล
8. เขียนกราฟระหว่างแรงดึงสปริง (F) เป็นแกนตั้ง และระยะยืด (x) เป็นแกนนอน นำความชันของกราฟมาหาค่านิจของสปริง
9. ทำซ้ำข้อ 1 - 8 โดยเปลี่ยนจากสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เป็นสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร โดยใช้มวลถ่วง 198.22, 249.57, 301.28, 351.81 และ 403.06 กรัม ตามลำดับ

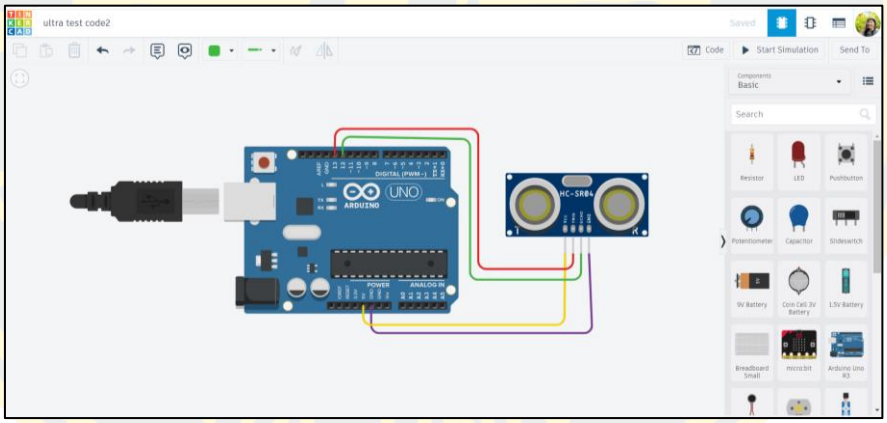
3.3 สร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1 จำลองการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino สำหรับวัดระยะการสั่นของสปริง

วิธีการทดลอง

1. เขียนชุดคำสั่ง (Code) ในการใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ร่วมกับแผงควบคุม Arduino เพื่อวัดการสั่นของสปริง

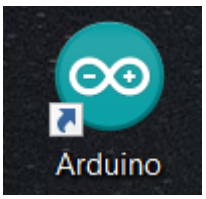
2. นำชุดคำสั่งไปทดสอบการทำงานในเว็บไซต์เสมือนจริง https://www.tinkercad.com ดังภาพที่ 14 โดยต่อขา Echo ของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 กับช่องดิจิตอลขาออกหมายเลข 12 ของแผงควบคุม Arduino และต่อขา Trig Echo ของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 กับช่องดิจิตอลขาออกหมายเลข 13 ของแผงควบคุม Arduino



ภาพที่ 14 ภาพการต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 กับแผงควบคุม Arduino

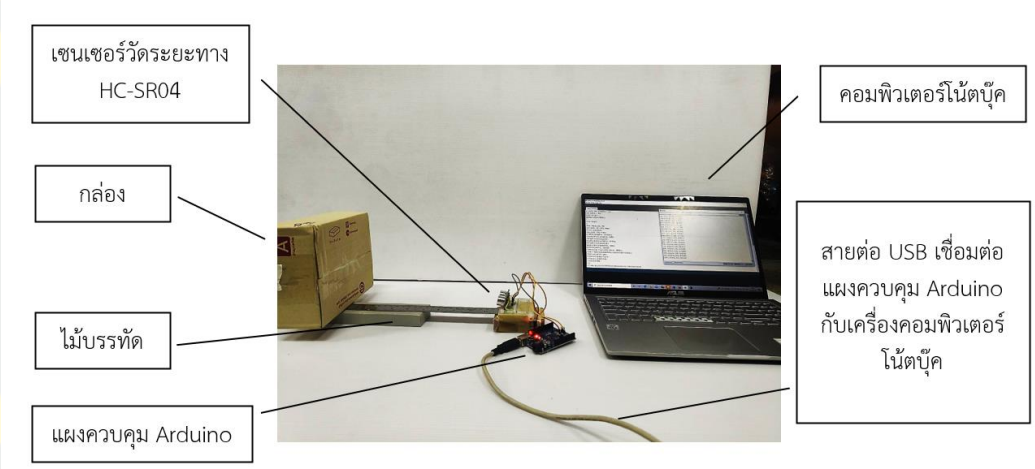
3. ทำการต่อวงจรแผงควบคุม Arduino กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ตามรายละเอียดที่จำลองไว้ในข้อที่ 2

4. ติดตั้งโปรแกรม Arduino ให้ขึ้นไอคอนดังภาพที่ 15 แล้วใส่ชุดคำสั่งที่ผ่านการทดสอบแล้ว upload และ verify พร้อมต่อสาย USB จากแผงควบคุม Arduino เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คเพื่อเชื่อมต่อการทำงาน



ภาพที่ 15 ภาพโปรแกรม Arduino

5. ทดสอบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 โดยการนำกล่องวางที่ระยะต่างๆ ดังภาพที่ 16 เพื่อหาขอบเขตของการวัดระยะของเซนเซอร์ โดยวัดระยะเริ่มต้นที่ 15 เซนติเมตร และลดลงครั้งละ 5 เซนติเมตร คือ 15, 10 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อถึงระยะ 5 เซนติเมตร จึงลดลงทีละ 1 เซนติเมตร เพื่อหาความละเอียด ทำซ้ำ 10 ครั้ง และนำระยะที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 16 การทดสอบเซนเซอร์วัดระยะทาง HC-SR04

6. นำผลการวัดจากการวางกล่องที่เทียบกับไม้บรรทัด และระยะเฉลี่ยที่วัดจากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 มาหาความคลาดเคลื่อน ดังนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{x_T - x_M}{x_T}\right| x100 \qquad (3.1)$$

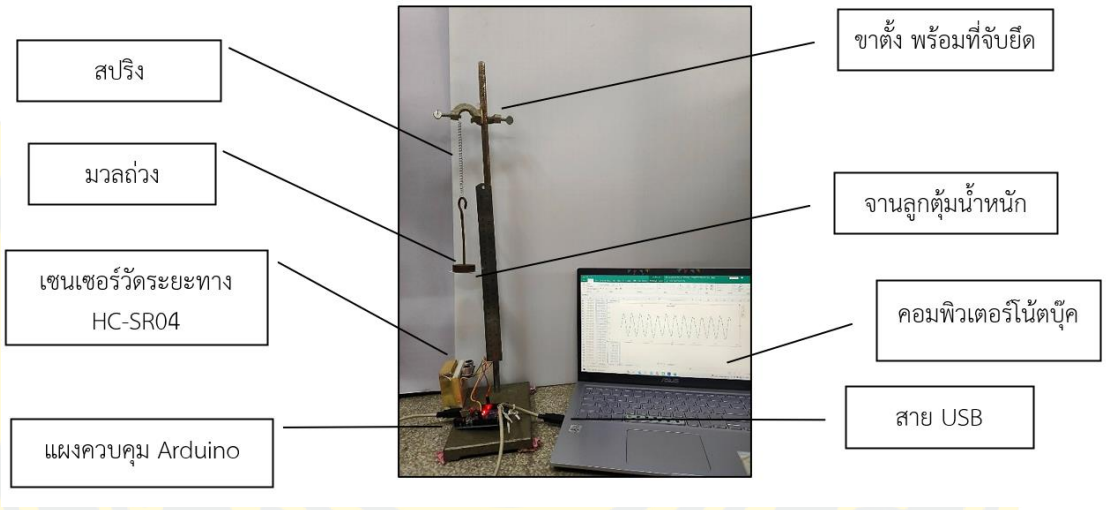
โดย x_T คือ ระยะจริงจากการวางบนไม้บรรทัด (True value)

x_M คือ ระยะจากการวัดด้วยเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 (Measured value)

3.3.2 สร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ โดยแขวนสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร กับที่จับขาตั้ง และนำจานลูกตุ้มน้ำหนักมาแขวนปลายอีกด้านหนึ่งของสปริง พร้อมวางเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ไว้ด้านล่างในแนวเดียวกับนำจานลูกตุ้มน้ำหนัก ดังภาพที่ 17

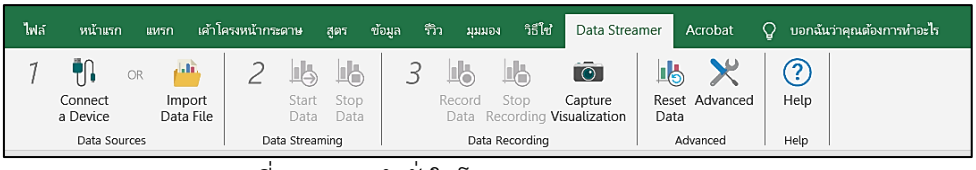


ภาพที่ 17 ภาพการจัดชุดทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ต่อสาย USB จากแผงควบคุม Arduino เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค เพื่อเชื่อมต่อการทำงานเปิดโปรแกรม Arduino และเปิดโปรแกรม Arduino พร้อมดำเนินการโปรแกรมให้เรียบร้อย

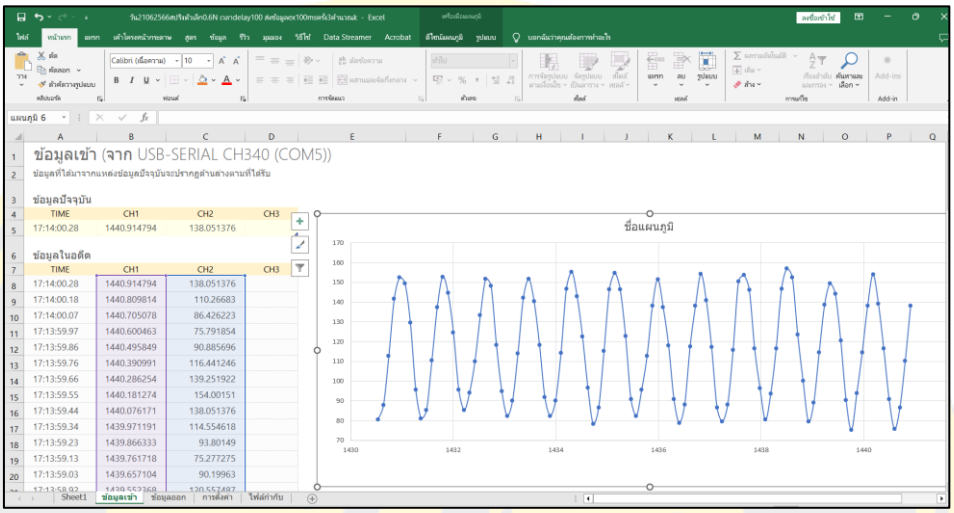
3. ติดตั้งโปรแกรม Data Streamer ในเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค

4. เปิดโปรแกรม Microsoft Excel เลือกแถบคำสั่ง Data Streamer กด Connect a Device ดังภาพที่ 18 แล้วเลือก port ที่ตรงกับโปรแกรม Arduino และกด Start Data เพื่อรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 18 แถบคำสั่งในโปรแกรม Microsoft Excel

5. เลือกแถบ Sheet ข้อมูลเข้า (Data In) เลือกข้อมูลเวลาที่แสดงในช่อง CH1 และข้อมูลระยะทางในช่อง CH2 กดแถบคำสั่งแทรก แล้วเลือกแผนภูมิกระจายที่มีเส้นเรียบและตัวแสดงข้อมูล ดังภาพที่ 19 พร้อมปรับตั้งค่ากราฟให้เหมาะสม



ภาพที่ 19 การสร้างแผนภูมิแสดงกราฟการเคลื่อนที่ของมวลติดปลายสปริง

6. วัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยนำมวลถ่วง 40 กรัม มาใส่ที่จานลูกตุ้มน้ำหนัก ดึงจานลูกตุ้มน้ำหนักให้ต่ำลงมาในแนวดิ่ง 4 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้สปริงและจานลูกตุ้มน้ำหนักสั่นขึ้นลงในแนวดิ่ง ข้อมูลของการสั่นของสปริงจะปรากฏบนกราฟที่ได้จัดทำไว้ในข้อ 5

7. หาค่าคาบ (T) โดยการเลือกจุดที่มีระยะการสั่นสูงสุดบนกราฟการสั่นของสปริง ลักษณะกราฟรูป ไซน์ จำนวน 4 จุด มาหาผลต่างของเวลาของจุดแต่ละจุด และนำผลต่างของเวลามาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{T}$)

8. นำคาบเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณหาค่านิจของสปริงด้วยสมการ ดังนี้

$$\overline{T} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad (3.2)$$

จะได้ค่านิจสปริง

$$k = \frac{4m\pi^2}{(\overline{T})^2} \qquad (3.3)$$

9. ทำการทดลองที่มวลถ่วง 40.06 กรัม ซ้ำอีก 5 ครั้ง และนำค่านิจของสปริงแต่ละครั้งมาหาค่านิจสปริงเฉลี่ย

10. ทำซ้ำข้อ 1-9 โดยเปลี่ยนมวลถ่วง 40.6 กรัม เป็น 51.49, 60.70, 71.84 และ 81.79 กรัม ตามลำดับ

11. เปลี่ยนจากสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์ 0.5 เซนติเมตร เป็นสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตรเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-9 โดยใช้มวลถ่วงเป็น 204.86, 256.37, 307.05 และ 358.12 กรัม ตามลำดับ

12. หาค่าความคลาดเคลื่อนของค่านิจสปริงเฉลี่ยของแต่ละมวลถ่วงมาเทียบกับค่านิจสปริงที่ได้จากการทดลองตามกฎของฮุค โดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{k_H - k_M}{k_H}\right| x100 \qquad (3.4)$$

โดย k_H คือ ค่านิจสปริงที่ได้จากกฎของฮุค (Hooke's Law value)

k_M คือ ค่านิจสปริงที่ได้จากชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Measured value)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการออกแบบและสร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดทดลองได้ผลการวิจัย ดังนี้

4.1 การทดลองการค่านิจของสปริง (k) โดยกฎของฮุค (Hooke's Law)

จากการทดลองการหาค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 และ 0.7 เซนติเมตร โดยใช้กฎของฮุค ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

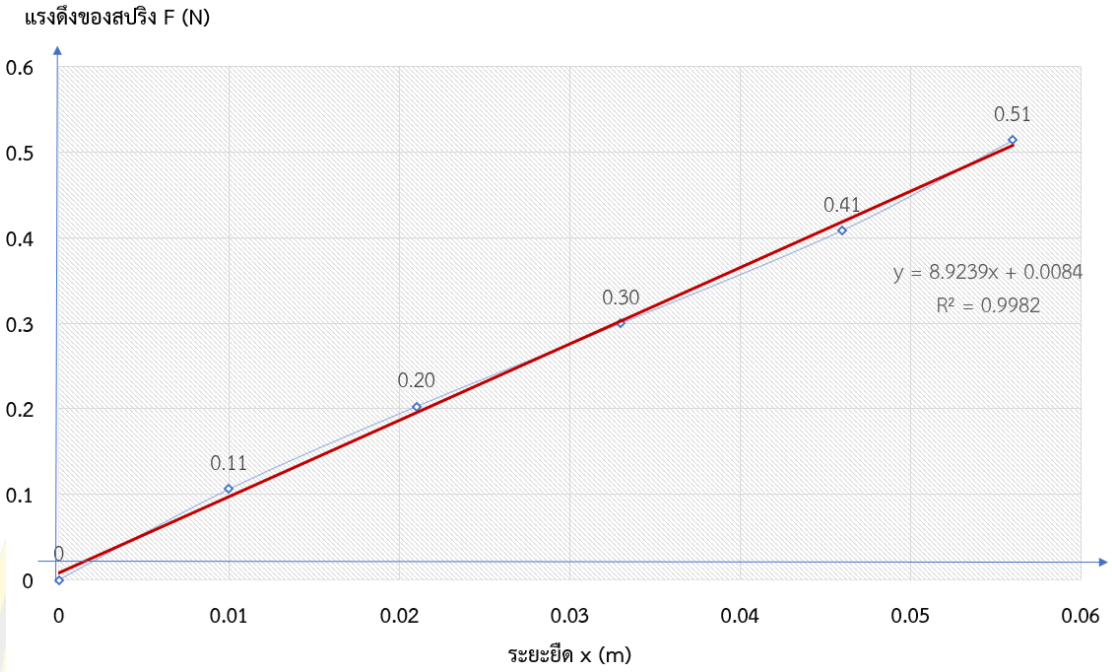
มวลถ่วง m (กรัม)	แรงดึงของสปริง F (นิวตัน)	ตำแหน่งบนไม้บรรทัด (เมตร)	ระยะยืด x (เมตร)
0.00	0.00	0.19	0.00
10.60	0.11	0.18	0.01
20.30	0.20	0.17	0.02
30.00	0.30	0.15	0.04
40.90	0.41	0.14	0.05
51.40	0.51	0.13	0.06

จากข้อมูลในตารางที่ 1 มวลถ่วง 0.00 กิโลกรัม คือตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นของเก็บข้อมูล และนำข้อมูลจากตารางบันทึกผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยใช้สปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) เพื่อหาค่าความนิจสปริงของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร โดยใช้สมการ 2.6 ดังนี้

จากสมการ $$\vec{F} = k\vec{x} \quad (2.6)$$

จะได้ $$\frac{\vec{F}}{\vec{x}} = k = slope \quad (4.1)$$

ดังนั้น ค่านิจของสปริง (k) มีค่าเท่ากับ ความชันของกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x)



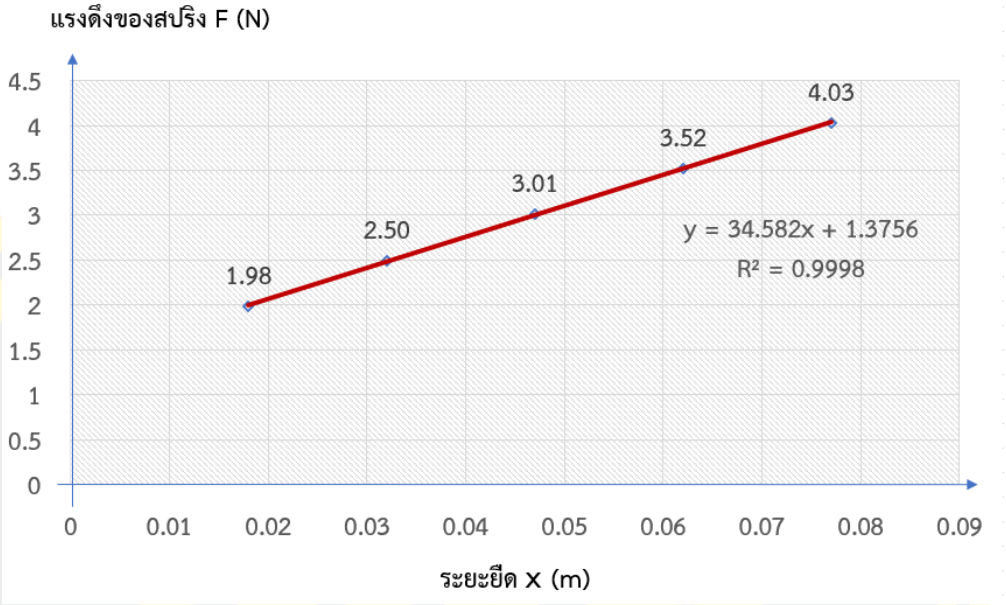
ภาพที่ 20 ภาพกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

จากภาพที่ 20 จะสังเกตว่าแรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง ข้อมูลแปรผันตรงซึ่งกัน ซึ่งตรงกับความสัมพันธ์ของสมการ 4.1 ข้างต้น ดังนั้นจากกราฟจะได้ค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีค่า k = 8.92 นิวตันต่อเมตร

ตารางที่ 2 ผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

มวลถ่วง m (กรัม)	แรงดึงของสปริง F (นิวตัน)	ตำแหน่งบนไม้บรรทัด (เมตร)	ระยะยืด x (เมตร)
198.22	1.98	0.13	0.00
249.57	2.50	0.12	0.01
301.28	3.01	0.10	0.03
351.81	3.52	0.09	0.04
403.06	4.03	0.07	0.06

จากข้อมูลในตารางที่ 2 มวลถ่วง 198.22 กรัม คือตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล นำข้อมูลจากตารางบันทึกผลระยะยืดของสปริงในการหาค่านิจของสปริงโดยกฎของฮุค โดยใช้สปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) เพื่อหาค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร โดยใช้สมการ 2.6 ดังนี้



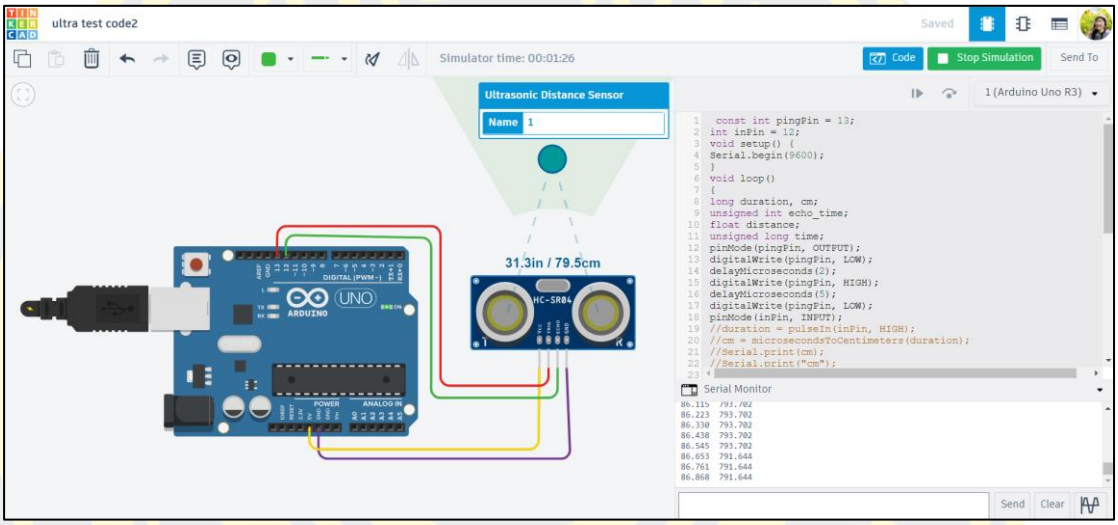
ภาพที่ 21 ภาพกราฟความสัมพันธ์แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

จากภาพที่ 21 จะสังเกตว่าแรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุค ตรงกับความสัมพันธ์ของสมการ 4.1 ข้างต้น ดังนั้นจากกราฟจะได้ค่านิจจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มีค่า k = 34.58 นิวตันต่อเมตร และเนื่องจากผู้ทำการทดลองได้ลองใส่มวลถ่วงรวมกับมวลของจานลูกตุ้มน้ำหนักที่น้อยกว่า 198.22 กรัม แล้วพบว่าเมื่อนำมาสร้างกราฟแล้ว กราฟที่ได้ไม่ได้กราฟลักษณะเส้นตรงที่เป็นไปตามกฎของฮุค ดังนั้นค่ามวลถ่วงที่นำมาถ่วงในการทดลองจะต้องมีความเหมาะสมกับขนาดของสปริง โดยต้องเลือกมวลให้เหมาะสมเพื่อให้แรงดึงของสปริง (F) และระยะยืด (x) มีความสัมพันธ์เป็นไปตามกฎของฮุค

4.2 แบบจำลองการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino

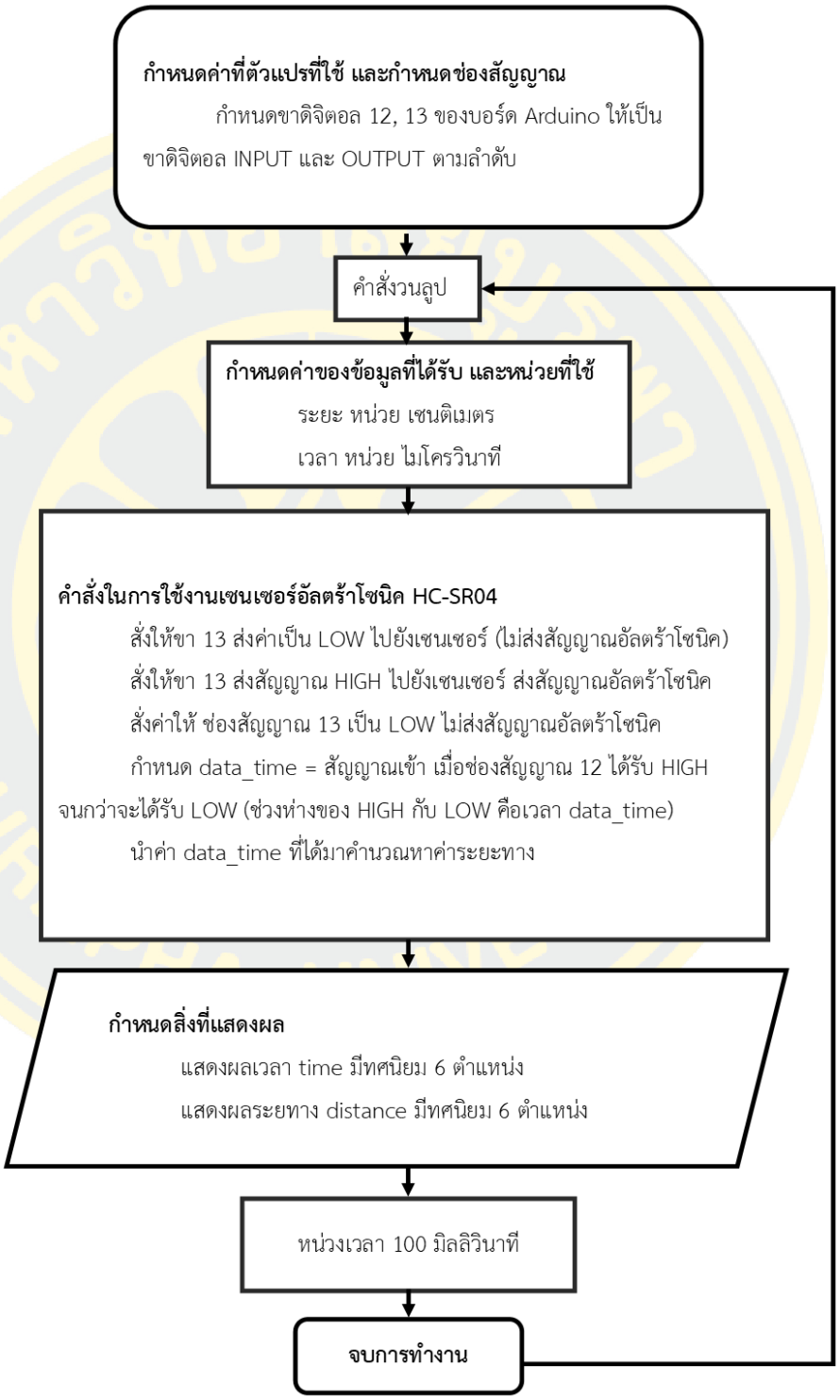
การจำลองการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino ผ่านเว็บไซต์เสมือนจริง https://www.tinkercad.com

Echo	กับช่อง 12	สายสีเขียว
Trig	กับช่อง 13	สายสีแดง
VCC	กับช่อง 5V	สายสีเหลือง
GND	กับช่อง GND	สายสีม่วง



ภาพที่ 22 ภาพแสดงผลการทดสอบชุดคำสั่งในเว็บไซต์เสมือนจริง https://www.tinkercad.com

ไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ร่วมกับแผงควบคุม Arduino ที่ใช้วัดระยะทางกับเวลา แสดงดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 ร่วมกับแผงควบคุม Arduino

เมื่อได้คำสั่งที่สามารถปฏิบัติการแล้ว นำมาทดสอบคำสั่งด้วยระยะต่างๆ โดยการนำกล่องไปวาง เพื่อหาขอบเขตของการวัดระยะของเซนเซอร์ โดยวัดระยะเริ่มต้นที่ 15 เซนติเมตร และลดลงครั้ง 5 เซนติเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร จึงลดลงทีละ 1 เซนติเมตร เพื่อหาความละเอียด ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะที่ได้จากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino เทียบกับระยะจริง

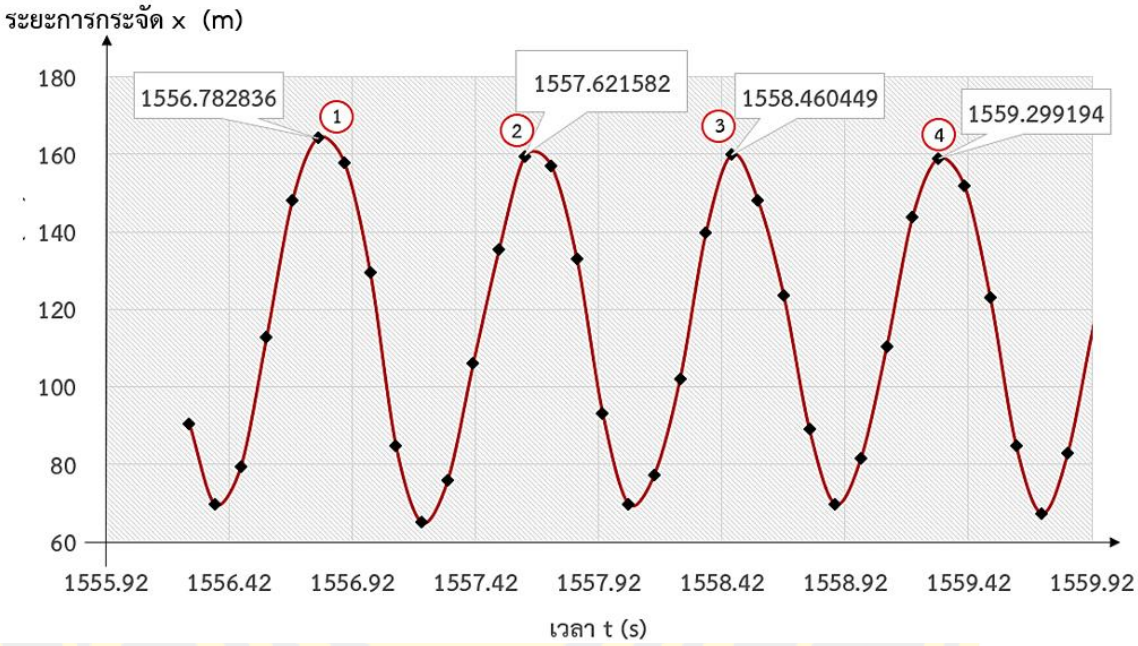
ระยะจริง (เซนติเมตร)	ระยะเฉลี่ยที่ได้จากเซนเซอร์ (เซนติเมตร)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
15.00	14.97	0.18
10.00	9.97	0.30
5.00	4.92	1.66
4.00	3.73	6.80
3.00	3.19	6.41
2.00	2.74	37.39
1.00	N/A	N/A

จากตารางที่ 3 จะพบว่าขอบเขตของเซนเซอร์ HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino สามารถได้ผลการวัดระยะอยู่ในช่วง 3.00 – 15.00 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อนอยู่ 0.18 – 6.80 เปอร์เซ็นต์ โดยขอบเขตของการวัดระยะทางของเซนเซอร์ HC-SR04 นั้นอยู่ในช่วง 2 – 400 เซนติเมตร ดังนั้นในระยะ 1 เซนติเมตรจากวัตถุถึงเซนเซอร์จึงไม่สามารถวัดค่าระยะเฉลี่ยได้ ซึ่งในการทดลองเรื่อง การศึกษาการสั่นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะกำหนดให้มีการเพิ่มมวลถ่วงแล้วเกิดระยะการยืดขึ้นลงของสปริงรวมกับความยาวของจานลูกตุ้มน้ำหนัก อยู่ในระยะห่างจากเซนเซอร์ คือ 5.00 -15.00 เซนติเมตร ซึ่งจากผลการทดลองให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ เซนเซอร์ HC-SR04 และแผงควบคุม Arduino โดยยกตัวอย่างผลการทดลอง เช่น

4.3.1 ผลการทดลองสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 163.64 กรัม ได้ผลการทดลองดังภาพ 24 ดังนี้



ภาพที่ 24 ภาพกราฟความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 163.64 กรัม

จากภาพที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 163.64 กรัม ซึ่งข้อมูลการกระจัดและเวลาได้จากการอ่านค่าจากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 โดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในหัวข้อ 4.2 ซึ่งความสัมพันธ์ของระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) มีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของการสั่นของมวลติดปลายสปริงในแนวดิ่งตามรายละเอียดที่แสดงในบทที่ 2 เมื่อเลือกจุดที่การกระจัดใกล้เคียงกับตำแหน่งแอมพลิจูดของกราฟมา 4 จุด (หมายเลข 1, 2, 3, 4 ในภาพที่ 24) นำมาหาส่วนต่างของเวลาของจุดที่เลือกที่อยู่ใกล้กัน คือ คาบของการสั่นของสปริง (T) และหาค่าคาบเฉลี่ย ($\overline{T}$) ได้ผลดังนี้

จุดที่	เวลา (วินาที)	คาบ (T) (วินาที)	คาบเฉลี่ย ($\overline{T}$) (วินาที)
1	1556.782836	0	0.838786
2	1557.621582	0.838746	
3	1558.460449	0.838867	
4	1559.299194	0.838745	

จากสมการ 3.3 หาค่านิจของสปริง คือ $k = \frac{4m\pi^2}{(\overline{T})^2}$

โดย มวลทั้งหมดที่ถ่วงคือ มวลถ่วง + มวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก = 163.64 กรัม

แทนค่า $k = \frac{4x163.64x(\pi)^2}{1000x(0.838786)^2}$

k = 9.17 นิวตันต่อเมตร

ค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค k = 8.91 นิวตันต่อเมตร

หาความคลาดเคลื่อนจากสมการ 3.4

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{k_H - k_M}{k_H}\right| x100$$

แทนค่า $\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{8.91 - 9.17}{8.91}\right| x100$

= 2.91

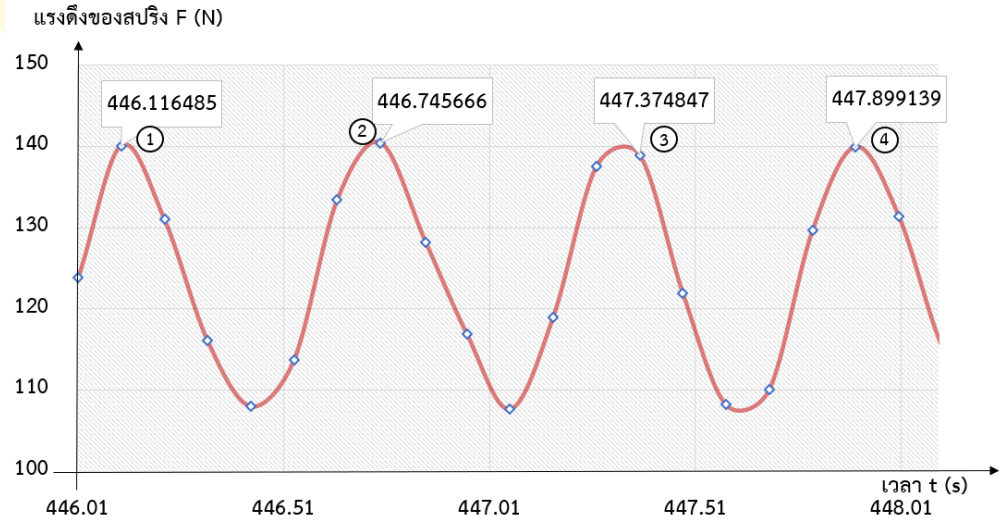
เมื่อได้ผลการทดลองของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร โดยใช้มวลถ่วงรวมกับมวลของจานลูกตุ้มน้ำหนัก 142.40 – 184.73 กรัม ทำซ้ำอย่างละ 5 ครั้ง นำมาหาค่านิจของสปริงเฉลี่ย และนำมาหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่านิจสปริงที่ได้จากการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ได้ผลดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ค่านิจของสปริงจากการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุคของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

มวลถ่วง+จานลูกตุ้ม น้ำหนัก (กรัม)	ค่านิจของสปริงจากการทดลองเฉลี่ย K_M (นิวตันต่อเมตร)	ค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค K_H (นิวตันต่อเมตร)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
142.40	9.06	8.92	1.52
154.43	9.04	8.92	1.28
163.64	9.18	8.92	2.84
174.78	9.20	8.92	3.06
184.73	9.21	8.92	3.23

จากตารางที่ 4 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่านิจของสปริงจากการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 142.40 – 184.73 กรัม มีค่าอยู่ในช่วง 1.28 – 3.23

4.3.2 ผลการทดลองสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 กรัม ได้ผลการทดลองดังกราฟ 25 ดังนี้



ภาพที่ 25 ภาพกราฟความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาด*เส้น*ผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 กรัม

จากกราฟที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับ เวลา (t) ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 กรัม มีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ เหมือนกับการทดลองของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตรที่แสดงในรูปที่ 24 เลือกจุดที่การกระจัดใกล้เคียงกับตำแหน่งแอมพลิจูดของกราฟมา 4 จุด (หมายเลข 1, 2, 3, 4 ในภาพที่ 25) นำมาหาส่วนต่างของเวลาของจุดที่เลือกที่อยู่ใกล้กัน คือ คาบของการสั่นของสปริง (T) และหาค่าคาบเฉลี่ย ($\overline{T}$) ได้ผลดังนี้

จุดที่	เวลา (วินาที)	คาบ (T) (วินาที)	คาบเฉลี่ย ($\overline{T}$) (วินาที)
1	446.116485	0	0.594218
2	446.745666	0.629181	
3	447.374847	0.629181	
4	447.899139	0.524292	

จากสมการ 3.3 หาค่านิจของสปริง คือ $k = \frac{4m\pi^2}{(\overline{T})^2}$

โดย มวลทั้งหมดที่ถ่วงคือ มวลถ่วง + มวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก = 0.30779 กรัม

แทนค่า $k = \frac{4x307.79x(\pi)^2}{1000x(0.594218)^2}$

k = 34.44 นิวตันต่อเมตร

ค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค k = 34.58 นิวตันต่อเมตร

หาความคลาดเคลื่อนจากสมการ 3.4

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{k_H - k_M}{k_H}\right| k100$$

แทนค่า $$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{34.58 - 34.44}{34.58}\right| x100$$

= 0.41

เมื่อได้ผลการทดลองของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร โดยใช้มวลถ่วงรวมกับมวลของจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 – 461.05 กรัม ทำซ้ำอย่างละ 5 ครั้ง นำมาหาค่านิจของสปริงเฉลี่ย และนำมาหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่านิจสปริงที่ได้จากการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ได้ผลดังตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 ค่านิจของสปริงจาการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

มวลถ่วง+จานลูกตุ้มน้ำหนัก (กรัม)	**ค่านิจของสปริงจากการทดลองเฉลี่ย K_A (นิวตันต่อเมตร)**	**ค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค K_H (นิวตันต่อเมตร)**	**ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)**
307.79	34.44	34.58	0.42
359.30	32.20	34.58	6.87
409.98	33.69	34.58	2.57
461.05	30.97	34.58	10.43

จากตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนของค่านิจของสปริงจาการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุค ที่มวลถ่วงรวมกับจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 – 461.05 กรัม มีค่าอยู่ในช่วง 0.42 – 10.43 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองจะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตรจะมีค่าค่อนข้างกว้างเมื่อเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นผลเนื่องจากในการทดลองสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตรจะใช้ค่ามวลที่มากกว่าค่ามวลที่สปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร (ประมาณ 2.5 เท่า) เมื่อสปริงมีการสั่นอาจทำให้มีการขยับตัวของสปริงบริเวณจุดยึดสปริงเกิดขึ้นทำให้มีการสั่นของสปริงในทิศทางอื่นเกิดขึ้นนอกเหนือจากการสั่นในแนวดิ่ง ซึ่งจะทำให้ค่าคาบที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนไปส่งผลให้ค่านิจของสปริงที่คำนวณได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตรที่ใช้มีค่านิจของสปริงที่สูงกว่าค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ทำให้คาบในการสั่นของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่า คาบการสั่นของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และเนื่องด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะมีการ

รับค่าข้อมูลการกระจัดของมวลที่สั่นทุกๆ 0.1 วินาที จึงอาจทำให้จุดของข้อมูลบางจุดบนเส้นกราฟที่เลือกใช้ในการหาค่าคาบไม่ใช่ตำแหน่งที่เป็นจุดที่มีการกระจัดสูงสุดจริง ซึ่งอาจทำให้การหาผลต่างของเวลาหรือคาบการสั่นเกิดความคลาดเคลื่อนไป และเมื่อนำมาคำนวณหาค่านิจของสปริงจึงทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และเพื่อหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริง โดยมีรายละเอียดการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะต่างๆ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรล-เลอร์ได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ ส่วนของชุดการทดลองการสั่นของสปริงในแนวดิ่งแบบปกติ ประกอบด้วยสปริง จานลูกตุ้มน้ำหนัก ขาตั้ง พร้อมที่จับยึด และมวลถ่วง และส่วนที่สองจะประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 แผงควบคุม Arduino โปรแกรม Arduino และโปรแกรม Data Streamer ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณของข้อมูลเวลาและระยะการกระจัดด้วย เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HC-SR04 แผงควบคุม Arduino และตัวแปลงข้อมูลของระยะการกระจัดของการสั่นของสปริง และเวลาออกมาเป็นตัวเลข และแสดงออกมาเป็นกราฟรูปไซน์

ผลการทดลองที่ได้จากชุดการทดลองที่สร้างขึ้นสามารถแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คในรูปแบบผลแบบเวลาจริงของกราฟความสัมพันธ์ระยะการกระจัด (x) กับเวลา (t) ที่เป็นกราฟลักษณะรูปไซน์ ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ทำให้ชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นชุดการทดลองที่สามารถใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้

5.1.2 ข้อมูลระยะการกระจัด (x) กับเวลา (t) ที่ได้จากการทดลองสามารถหาค่าคาบ (T) ของการสั่นของสปริง และค่านิจของสปริง (k) โดยสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่ทดลองกับมวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 142.40 – 184.73 กรัม มีค่านิจของสปริง ในช่วง 9.04 - 9.21 นิวตันต่อเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุคเป็น 8.92 มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 1.28 - 3.23 เปอร์เซ็นต์ และสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ที่ทดลองกับมวลถ่วงรวมกับมวลจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 - 461.05 กรัม มีค่านิจของสปริง ในช่วง

30.97 - 34.44 นิวตันต่อเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่านิจของสปริงจากกฎของฮุคเป็น 34.58 มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.42 - 10.43 เปอร์เซ็นต์

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับจานลูกตุ้มน้ำหนัก 142.40 – 184.73 กรัม มีค่าอยู่ในช่วง 1.28 – 3.23 เปอร์เซ็นต์ และสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ที่มวลถ่วงรวมกับจานลูกตุ้มน้ำหนัก 307.79 – 461.05 กรัม มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.42 – 10.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าค่านิจของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร โดยอาจเกิดจากสปริงมีการขยับตัวไปเล็กน้อยบริเวณจุดยึดสปริงส่งผลให้ค่าคาบการสั่นที่ทดลองได้มีความคลาดเคลื่อนไป ทำให้ค่านิจของสปริงที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น รวมถึงคาบการสั่นของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าคาบการสั่นของสปริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และเนื่องด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะมีการรับค่าข้อมูลการกระจัดของมวลที่สั่นทุกๆ 0.1 วินาที จึงอาจทำให้จุดของข้อมูลบางจุดบนเส้นกราฟที่เลือกใช้ในการหาค่าคาบไม่ใช่ตำแหน่งที่เป็นจุดที่มีการกระจัดสูงสุดจริง ซึ่งอาจทำให้การหาผลต่างของเวลาหรือคาบการสั่นเกิดความคลาดเคลื่อนไป และเมื่อนำมาคำนวณหาค่านิจของสปริงจึงทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปรับปรุงชุดการทดลองการวัดการสั่นของระบบมวลสปริงแบบเวลาจริงด้วยไมโคร-คอนโทรลเลอร์ให้มีความคงทนมากขึ้น และลดผลกระทบจากของจัดชุดอุปกรณ์ยึดสปริงที่ทำให้เกิดการสั่นของสปริงในทิศทางอื่น นอกเหนือจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

5.2.2 กำหนดค่าความละเอียดของเวลาในการรับข้อมูลเข้าโปรแกรม Data Streamer มากขึ้น เพื่อเพิ่มจำนวนจุดข้อมูลบนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา

5.2.3 สามารถพัฒนารูปแบบการทดลองกับชุดการทดลองที่สร้างขึ้น
เพื่อหาตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของระบบมวลสปริง เช่น ความถี่ความถี่เชิงมุม เป็นต้น

บรรณานุกรม

จิตรา สอนพงษ์. (2558). การพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (*Hands-on Activities).* (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3. กรุงทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธิรัช สะสม และเมทิตา จุปะมะโท. (2562). การออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงด้วย *Arduino.* (ศึกษาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ทองดอนน้อย. (2560). การออกแบบชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

เอกพงศ์ บัวชุม และสุระ วุฒิพรหม และธนิดา สุจริตธรรม. (2563). การพัฒนาเครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์ด้วยแพลตฟอร์ม Arduino. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 3(1), 98-104 Artronshop. (2564). คลื่นอัลตร้าโซนิค. Retrieved from https://www.artronshop.co.th/article/45/%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A3%

Calin Galeriu et al. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher,* 52. doi:10.1119/1.4865518

E. Pratidhina et al. (2020). Relating simple harmonic motion and uniform circular motion with Tracker. *Revista Mexicana de Física E,* 17, 141-145. doi:https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.17.141

RobotSiam, K. (2559). การใช้งาน เซนเซอร์ Ultrasonic Module HC-SR04. Retrieved from https://robotsiam.blogspot.com/2016/09/ultrasonic-module-hc-sr04.html

Stallmach, A. K. a. F. (2020). Using the smartphone as oscillation balance. *The Physics Teacher,* 58.

Thaieasyelec. (2560, 11 มีนาคม 2560). Arduino. Retrieved from https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/

Wright, D. G. Z. a. W. S. (2012). *Differential Equations with Boundary-Value Problems*. Canada: Nelson Education, Ltd.

ภาคผนวก

ตัวอย่างชุดคำสั่งที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดคำสั่งโปรแกรม กำหนดค่าขาดิจิตอลที่ใช้งาน

```
const int datain = 13;
int datapin = 12;
```

2. ชุดคำสั่งโปรแกรมที่ใช้คำนวณหาระยะทาง

```
pinMode(datapin, INPUT);
data_time =pulseIn(datapin, HIGH);
time = micros();
distance = data_time/2.0*0.343;
distance =sqrt(distance*distance-1.3*1.3);
```

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	มลฑิรา ศรีศักดา
วัน เดือน ปี เกิด	17 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	150 หมู่10 ตำบลไร่รถ อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี 72170
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	ครู โรงเรียนสงวนหญิง
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY