

การออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ประกอบชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

Design and Development of Time Period and Gravitational Acceleration

Measurement Equipment for Simple Pendulum Oscillation Apparatus

ภาณุกร วัฒนจัน¹ และ วีระ บุญผุด²

Panukorn Wattanajung¹ and Veera Boonphud²

Received : March 19, 2022

Revised : April 25, 2022

Accepted : April 29, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกประกอบชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple Pendulum Oscillation) โดยชุดอุปกรณ์ ๆ นี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับแบบอินฟราเรดและ NodeMCU ESP8266 โดย NodeMCU ESP8266 นั้น มีคุณสมบัติในการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต หรืออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ในส่วนของการแสดงผลจะแสดงคาบเวลาเฉลี่ย (Average Time; T_{avg}) และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (Gravitational Acceleration; g) ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ทั้งนี้ พบว่ามีร้อยละความคลาดเคลื่อน (Percent Error) ร้อยละ 1.463 เมื่อเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน ณ กรุงเทพมหานคร โดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีค่า 9.78297 เมตรต่อวินาที² และชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายมีความแม่นยำสูงกว่าการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาของนักเรียนนายเรือ (นร.) ที่มีร้อยละความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.150

คำสำคัญ: การแกว่งลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย, อุปกรณ์ตรวจจับแบบอินฟราเรด, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

¹อาจารย์, กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Lecturer, Engineering Department, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

E-mail: panukorn.w@navy.mi.th

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Assistant Professor, Physics and Chemistry Department, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

E-mail: veeraboonthud@gmail.com

Abstract

The objectives of the research aim to design and develop equipment for measuring time period and the gravitational acceleration of simple pendulum oscillation by using IR Infrared sensor and NodeMCU ESP8266. This equipment was connected for transferring data over the Internet (Internet of Things; IoT). The average time (T_{avg}) and the gravitational acceleration (g) were displayed on Blynk application. The estimated percent error was 1.463 meter per second² whereas the standard gravitational from the National Institute of Metrology (Thailand) was 9.78297 meter per second². Additionally, the time period measurement equipment is more accurate than the Naval Cadets' stopwatches, which displayed the percent error at 4.150.

Keywords: Simple Pendulum Oscillation, IR Infrared Sensor, Internet of Things (IoT)

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงเรียนนายเรือ (ร.ร.นร.) เป็นสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งมีวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาภาคบังคับพื้นฐานในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีหัวข้อการทดลอง “เรื่อง การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (Simple Harmonic Motion; SHM)” ที่ถูกบรรจุทั้งในรายวิชาฟิสิกส์ 1 (ภาคทฤษฎี) และรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (ภาคปฏิบัติ) [1] ของ นนร.ชั้นปีที่ 1 ทั้งนี้ ปัญหาเรื่องการจัดซื้อชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาที่มีความแม่นยำสูงประกอบชุดทดลอง ๆ นั้น จำเป็นต้องใช้งบประมาณที่ค่อนข้างสูง

ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ทั้ง 2 รายวิชาข้างต้นนั้น นนร.ต้องสามารถหาคาบเวลาจากการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายและหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Acceleration; g) ได้ โดยนำความสัมพันธ์ของคาบเวลา (Time Period; T) ความยาวเชือก (Length; l) มาคำนวณร่วมกันได้อย่างถูกต้อง แต่ด้วย ร.ร.นร. มีชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบ SHM ที่ใช้นาฬิกาจับเวลาในการวัดคาบเวลาเฉลี่ย ซึ่งเป็นวิธีที่มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูง และไม่สอดคล้องกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน (ผลการทดลองของ นนร. ตามรายละเอียดในบทที่ 5 เรื่องผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย) ซึ่งปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ 1 ของ นนร. เป็นอย่างมาก

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายขึ้นเพื่อลดความคลาดเคลื่อนการจับเวลาแบบเดิม โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจจับแบบอินฟราเรด ร่วมกับการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 ที่มีความละเอียดในการทำงานระดับมิลลิวินาที (ms) และแสดงผลผ่าน IoT บนแอปพลิเคชัน Blynk ภายใต้งบประมาณที่จำกัดแต่ความแม่นยำในการตรวจวัดคาบเวลาสูง ทั้งนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019(COVID-19) ที่กำลังแพร่ระบาดในปัจจุบันอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

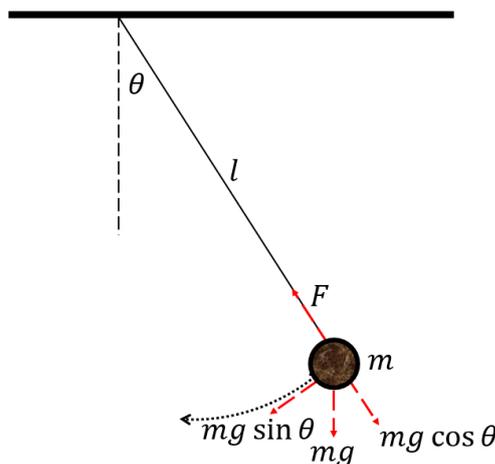
2.1 เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกประกอบชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความแม่นยำสูง โดยเป็นการทำงานร่วมกันของ IR Infrared Sensor และ NodeMCU ESP8266 ผ่าน IoT

2.2 เพื่อพัฒนาชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ของกองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ (กพค.ฝศช.รร.นร.) ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.3 เพื่อนำชุดอุปกรณ์ ๒ ไปประกอบการเรียนการสอนกับชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายของนักเรียนนายเรือ ชั้นปีที่ 1 ในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุดทดลองลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple Pendulum) ประกอบด้วยมวลขนาดเล็กและเชือกเบา โดยมีหลักการทำงานคือนำมวลนั้นแขวนไว้ที่ปลายเชือกในแนวตั้ง เมื่อดึงมวลให้เอียงทำมุม θ กับแนวตั้งแล้วปล่อยตกอิสระ วัตถุจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล ($\theta = 0$ องศา) ซึ่งเป็นหลักการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion; SHM) [2,3] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่าย

ขณะที่ลูกตุ้มมวล (m) ที่ผูกกับเชือกยาว (l) เอียงทำมุม θ กับแนวตั้ง มีสองแรงกระทำต่อมวล m คือน้ำหนักของลูกตุ้ม mg และแรงตึงในเส้นเชือก (F) การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายนี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ของคาบการแกว่ง (T) ตามสมการที่ 1

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

เมื่อวัดค่า T เรียบร้อย จึงสามารถคำนวณหาค่า g ได้ ตามสมการที่ 2

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (2)$$

เมื่อ T = คาบเวลา (วินาที, s)

l = ความยาวเชือก (เมตร, m)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที², m/s²)

กฤษฎา สังกาณี และ รัชฎ กัดมัน ดำเนินการวิจัยเรื่อง “ชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยใช้เซนเซอร์ฮอลล์ เพื่อใช้ในการวัดคาบของการเคลื่อนที่การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย” พบว่าคาบการเคลื่อนที่มีค่าคงที่เมื่อมุมเริ่มต้นมีค่า 5 องศา และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อความยาวเชือกเพิ่มขึ้น ส่วนคาบเวลาที่น่ามาคำนวณหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกนั้น ทดลองโดยใช้ขนาดของมุมเริ่มต้นที่ 5 องศา ความยาวเชือก 1 เมตร และได้ค่าเฉลี่ยความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ 9.89 เมตรต่อวินาที² ซึ่งร้อยละความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 0.82 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี [4]

อภิรักษ์ พันธุ์พัฒนาสกุล ได้พัฒนาระบบควบคุมเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟน โดยศึกษาการทำงานของชุดควบคุมเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า และค้นคว้าการทำงานของ Microcontroller Arduino [5] เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟน ทั้งนี้แอปพลิเคชัน Blynk ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองเพื่อใช้ในการกำหนดค่าและใช้เพื่อควบคุมส่วนประมวลผล โดยในการออกแบบชุดทดลองระบบควบคุม ฯ ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบการเข้าใช้งานและเรียกดูประวัติการใช้งานในแต่ละวันและย้อนหลังได้ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ในส่วนของการประเมินคุณภาพของระบบควบคุมเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟนมีการประเมิน 2 รูปแบบ ได้แก่ การประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องพบว่าประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาอยู่ในระดับที่ดี ($\bar{x} = 4.05$) และผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องมือโดยผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.15$)

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการออกแบบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย และนำไปติดตั้งกับชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายของ กวฟค.ฝศช.รร.นร. หลังจากการทดสอบการทำงาน of ชุดทดลอง ฯ จนได้ผลถูกต้องตามทฤษฎี ผู้เชี่ยวชาญจะประเมินหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ฯ แล้วจึงนำไปใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 แกนนักเรียนนายเรือ ชั้นปีที่ 1 ต่อไป

4.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยชุดอุปกรณ์ ฯ นี้ ประกอบด้วย ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด, NodeMCU ESP8266, ตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม และ 1 กิโลโอห์ม

4.1.1 ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด (IR Infrared Sensor HW-201) ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับวัตถุระยะใกล้ (ระยะ 2 – 30 เซนติเมตร) โดยมีความกว้างของการทำงานที่ 35 องศา และใช้แรงดันทางไฟฟ้าในการทำงานที่ 3 - 5.5 โวลต์ [6] โดยหลักการทำงาน ดังนี้ หลอด Infrared LED (หลอดสีขาวย) ทำการส่งความถี่แสงย่านอินฟราเรด (ย่านความถี่ 700 นาโนเมตร – 1 มิลลิเมตร) และความถี่แสงย่านดังกล่าวจะสะท้อนวัตถุกลับมายังตัวหลอดโฟโตไดโอด (หลอดสีดำ) ที่ทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรด

โดยจะให้ค่า Output ออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัล ในส่วนของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ทำหน้าที่ปรับความไวในการตรวจจับความถี่แสงอินฟราเรด ที่ส่งผลกระทบต่อระยะในการตรวจพบวัตถุ ดังแสดงตามรูปที่ 2



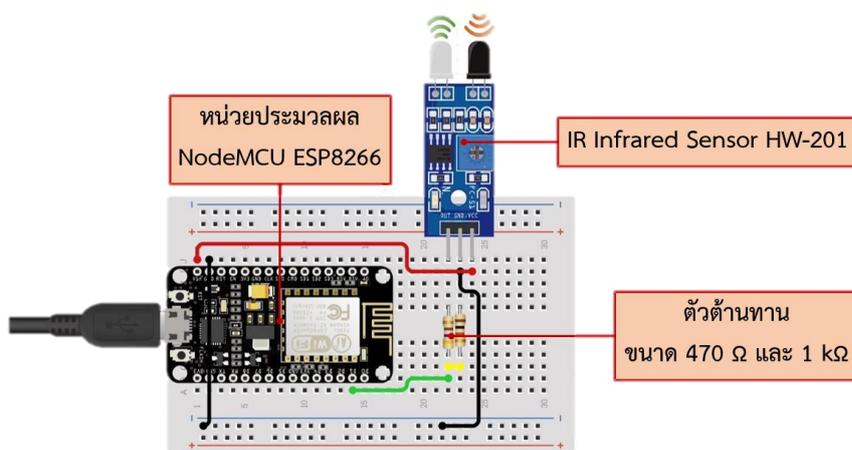
รูปที่ 2 หลักการทำงานของ IR Infrared Sensor

4.1.2 NodeMCU ESP8266 เป็น Platform ที่ใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์การเชื่อมต่อและส่งผ่านข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet of Things; IoT) ที่ประกอบด้วย Development Kit (บอร์ด), Firmware (ซอฟต์แวร์) ที่เป็น Open Source และร่วมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ที่มีหน้าที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

Arduino IDE (Integrated Development Environment) เป็นโปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับ NodeMCU ด้วยการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ C/C++ ซึ่งรองรับระบบปฏิบัติการทั้ง Windows, Mac OS และ Linux กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งโปรแกรมนี้ออกแบบให้ง่ายต่อการเขียนโค้ดและ Upload โปรแกรมที่เขียนเข้าสู่บอร์ด จุดเด่นของ Arduino IDE คือการเขียน Code ที่สามารถเข้าถึงผ่าน Functions จึงทำให้การเขียน Code ไม่เป็นเรื่องซับซ้อน ผู้ที่มีความสนใจระดับเริ่มต้นจึงสามารถเขียน Code ได้เอง

โดยมีข้อพึงระวังในการออกแบบการโปรแกรมบน NodeMCU ESP8266 กล่าวคือ จำเป็นต้องมีการใส่การหน่วงเวลา (Delay) ทุกครั้งของการรับสัญญาณสะท้อนกลับในครั้งที่ เป็นเลขคี่ ($a = 1, 3, 5, \dots, 51$) เนื่องจากสัญญาณที่ถูกส่งไปนั้นจะถูกส่งอย่างต่อเนื่อง และสะท้อนกลับอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงทำการ Delay ในการออกแบบภาครับสัญญาณเป็นเวลา 500 มิลลิวินาที เพื่อป้องกันการรับข้อมูลที่ไม่จำเป็นมากเกินไป

4.1.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ชุดอุปกรณ์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด ขนาด 3.3 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นตัวปล่อย (Emitter) แสงความถี่อินฟราเรด และรับสัญญาณสะท้อนกลับมาสู่ตัวรับ (Receiver) หากมีวัตถุมาขวางการรับส่งสัญญาณแสงนั้น ตัวเซนเซอร์ก็จะทำการส่งสัญญาณข้อมูลเข้าสู่หน่วยประมวลผล โดยมีตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม และ 1 กิโลโอห์ม ที่ต่อขนานกัน ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างชุดประมวลผลการวัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

โดยกระบวนการทำงานประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนี้

ก. เริ่มต้นการทำงาน และเมื่อลูกตุ้มเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ จะนับครั้งที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่ผ่าน แทนด้วยตัวแปร $a = 1 (a+)$ พร้อมกับเริ่มต้นการจับเวลา $T = 0 (T+)$

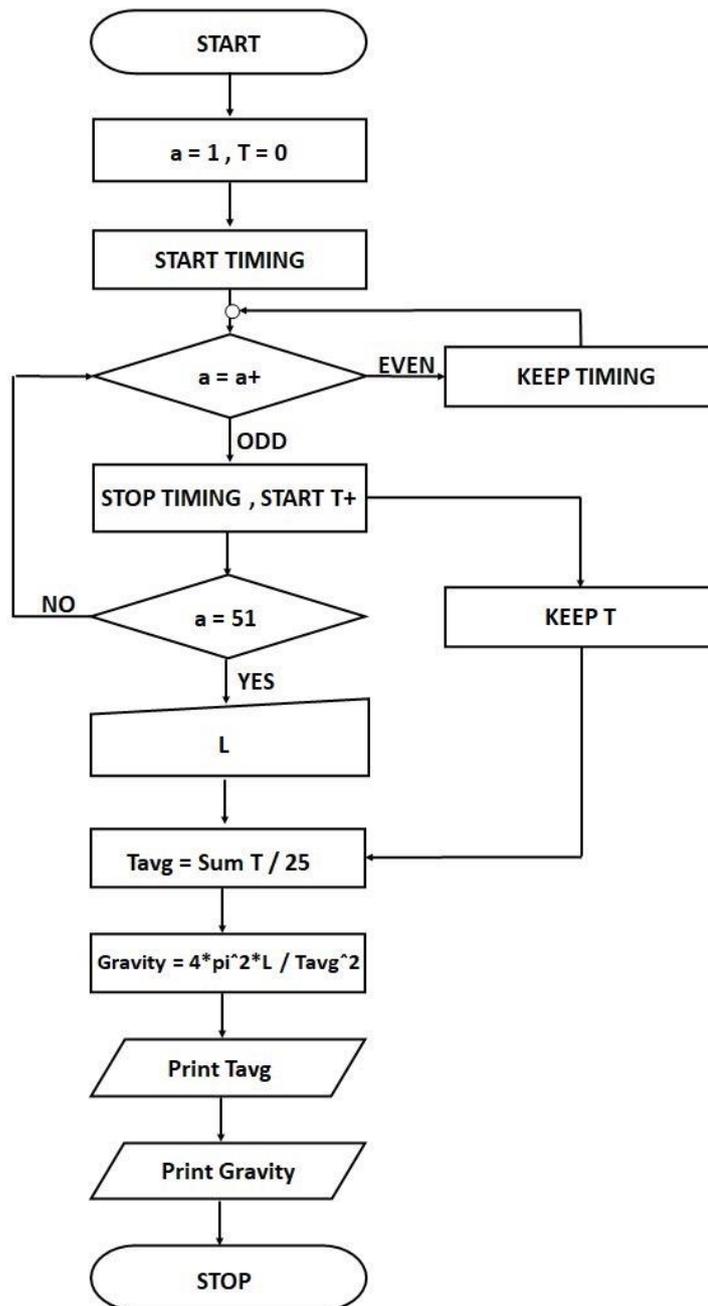
ข. เมื่อเกิดการเคลื่อนที่กลับของลูกตุ้ม ชุดอุปกรณ์ ฯ จะนับครั้งที่ เป็น $a = 2$ โดยไม่มีการหยุดการจับเวลา แต่กระบวนการจะหยุดการจับเวลาในครั้งที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่ผ่านชุดอุปกรณ์ในครั้งที่ 3 ($a = 3$) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ครบ 1 คาบเวลา พร้อมทั้งเริ่มการจับเวลาใหม่ กล่าวคือ T จะถูกนับใหม่เป็น T_1

ค. กระบวนการจะถูกดำเนินการต่อไป จนจำนวนการแกว่งผ่านชุดอุปกรณ์ ฯ ของลูกตุ้มครบ 51 ครั้ง ($a = 51$) ซึ่งอธิบายถึงการเคลื่อนที่ครบ 25 คาบเวลา ($T, T_1, T_2, \dots, T_{24}$)

ง. ผู้ทำการทดลองป้อนค่าความยาวเชือก (L) ลงในคอมพิวเตอร์

จ. ชุดประมวลผลจะนำผลรวมค่า T มาการคำนวณหาค่า T_{avg} และค่า g และแสดงผลการคำนวณบนแอปพลิเคชัน Blynk

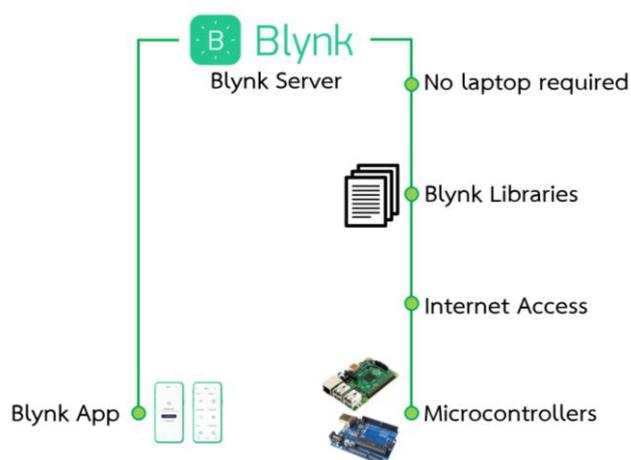
ฉ. สิ้นสุดการทำงาน



รูปที่ 4 แผนภูมิสายงานแสดงการทำงานของอุปกรณ์วัดคาบเวลาการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย

4.2 ขั้นตอนการแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตบนแอปพลิเคชัน Blynk

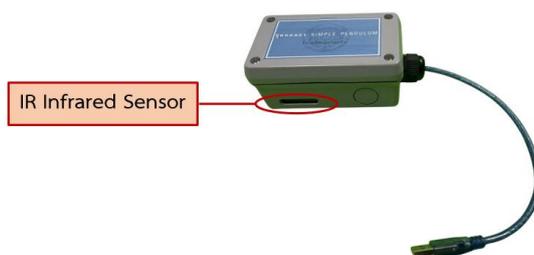
แอปพลิเคชัน Blynk เป็นแอปพลิเคชันสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับงาน IoT โดยเป็นการทำงานแบบ Real Time และทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่าง ๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จุดเด่นคือการรองรับระบบปฏิบัติการได้ทั้ง IOS และ Android หลักการทำงานของ Blynk คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP8266, ESP32, Raspberry Pi และอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk [7,8] ดังแสดงตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเชื่อมต่อบน Platform ของ Blynk

4.3 ชุดทดลองวัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

ชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ประกอบด้วยชุดทดลองการแกว่งลูกตุ้มแบบ Pendulum ของ กวฟค.ฟศช.ร.นร. และชุดอุปกรณ์ตรวจจับและคำนวณคาบเวลา ดังแสดงตามรูปที่ 6 โดยสั่งการให้แสดงผลที่ได้จากการคำนวณผ่านอุปกรณ์ IoT บนแอปพลิเคชัน Blynk ที่ถูกติดตั้งบนโทรศัพท์แบบ Smartphone, iPad, หรือ Tablet ที่รองรับปฏิบัติการทั้ง IOS และ Android ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับและคำนวณคาบเวลา



รูปที่ 7 ชุดทดลองวัดคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

ชุดทดลอง ๑ เป็นโครงสร้างไม้สำหรับยึดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ไขว้ดุมครึ่งวงกลม เชือกผูกติดมวล โดยติดที่ด้านบนส่วนด้านปลายแหลมที่ยื่นออกมา ให้ทั้งลูกตุ้มลงในแนวตั้งและกำหนดให้ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งสมดุลเริ่มต้น (จุดต่ำสุด) เมื่อทำการแกว่งลูกตุ้มจะไปเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งไว้

การออกแบบและพัฒนาชุดทดลอง ๑ นั้น จำเป็นต้องคำนึงถึง มวล ที่นำมาประกอบการแกว่งแบบ SHM ทางคณะผู้วิจัยจึงพิจารณาผลที่นำมาทดสอบเป็นลูกกอล์ฟ เนื่องจากมีลักษณะเป็นทรงกลม (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.2672 เซนติเมตร) ทำให้เมื่อเกิดการเคลื่อนที่แบบ SHM บนชุดทดลอง ๑ แล้วพื้นที่ผิวสัมผัสของมวลมีขนาดเท่ากันทุกรอบการแกว่ง แม้ว่าจะเกิดการบิดหรือการหมุนของมวล และผิวสัมผัสของลูกกอล์ฟสามารถสะท้อนคลื่นความถี่ของอินฟราเรดได้ดี

คณะผู้วิจัยได้ใช้ความยาวเชือก 3 ระยะในการทดลอง ได้แก่ 0.30, 0.40, และ 0.50 เมตร โดยทำการทดลองในแต่ละระยะความยาวเชือก ระยะละ 3 ครั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการทดลองของ นนร. และนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า g ต่อไป

5. ผลการดำเนินการวิจัย

ในส่วนของผลการทดลองนั้น จะนำผลการทดสอบที่ได้จากการนำชุดอุปกรณ์ ๑ ที่ติดตั้งบนชุดทดลอง ๑ และผลการทดลองโดยการใช้นาฬิกาจับเวลาของ นนร.ปีการศึกษา 2563 มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน ณ กรุงเทพมหานคร โดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีค่า 9.78297 เมตรต่อวินาที² เพื่อหาละเอียดความคลาดเคลื่อน

5.1 ผลการทดสอบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลา และค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ด้วย Infrared Sensor, NodeMCU ESP8266 และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk นั้น สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการทางฟิสิกส์ 1 ได้จริง โดยได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ทดลองที่	ความยาวเชือก l (m)	คาบเวลาเฉลี่ย T_{avg} (s)			$\frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg}}{i}$ (s)	g (m/s^2)
		$T_{avg 1}$	$T_{avg 2}$	$T_{avg 3}$		
1	0.30	1.103	1.118	1.106	1.109	9.629
2	0.40	1.273	1.242	1.268	1.261	9.930
3	0.50	1.452	1.414	1.424	1.430	9.652

สรุปผลการทดลองที่ระยะเชือก 0.30, 0.40, และ 0.50 เมตร ตามลำดับมีดังนี้

ก. ค่า T_{avg} จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 รอบ มีค่า 1.109, 1.261, และ 1.430 วินาที

ข. ค่า g ที่ได้ มีค่า 9.629, 9.930, และ 9.652 เมตรต่อวินาที² ดังแสดงตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่างผลการทดสอบชุดอุปกรณ์ฯ บนแอปพลิเคชัน Blynk

5.2 ผลการทดลองของชุดทดลอง ฯ โดยการใช้นาฬิกาจับเวลาของ นนร.

โดยการนำผลการทดลองของ นนร.ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 3 ห้อง ห้องละ 1 กลุ่มมาประกอบการคำนวณ ซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดอุปกรณ์วัดคาบเวลาและค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ทดลองที่	ความยาวเชือก l (m)	คาบเวลาเฉลี่ย $T_{avg}(s)$			$\frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg}}{i}$ (s)	g (m/s^2)
		$T_{avg 1}$	$T_{avg 2}$	$T_{avg 3}$		
1	0.30	0.991	1.219	1.012	1.074	10.254
2	0.40	1.447	1.106	1.194	1.249	10.119
3	0.50	1.433	1.512	1.228	1.391	10.194

สรุปผลการทดลองที่ระยะเชือก 0.30, 0.40, และ 0.50 เมตร ตามลำดับมีดังนี้

ก. ค่า T_{avg} จากการทดลอง มีค่า 1.074, 1.249, และ 1.391 วินาที

ข. ค่า g ที่ได้ มีค่า 10.254, 10.119, และ 10.194 เมตรต่อวินาที² ดังตามรูปที่ 9

วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (0402) กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ					
1/1 G.1					
ตารางที่ 1. หาค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) โดยการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย					
ความยาวเชือก L (m)	เวลา t (s) 25 ธค			เวลาเฉลี่ย (s)	คาบการแกว่ง T (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
0.3	24.547	24.695	25.143	24.775	0.991
0.4	36.114	36.081	36.390	36.175	1.447
0.5	35.875	35.941	35.659	35.825	1.433

รูปที่ 9 ตัวอย่างผลการทดลองของ นนร.โดยการใช้นาฬิกาจับเวลา

วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (0402) กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

กลุ่ม 2 (1/2)

ตารางที่ 1.1. หาค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) โดยการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

ความยาวเชือก L (m)	เวลา t(s) 25 50 75			เวลาเฉลี่ย (s)	คาบการแกว่ง T (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
0.3	30.623	30.525	30.277	30.475	1.219
0.4	27.528	27.636	27.746	27.630	1.106
0.5	29.941	37.688	37.771	37.800	1.512

วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (0402) กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

1/3 (กลุ่ม 3)

ตารางที่ 1.1. หาค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) โดยการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

ความยาวเชือก L (m)	เวลา t(s) 25 50 75			เวลาเฉลี่ย (s)	คาบการแกว่ง T (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
0.3	25.286	25.310	25.304	25.300	1.012
0.4	29.633	29.720	30.197	29.850	1.194
0.5	30.602	30.420	31.078	30.700	1.22

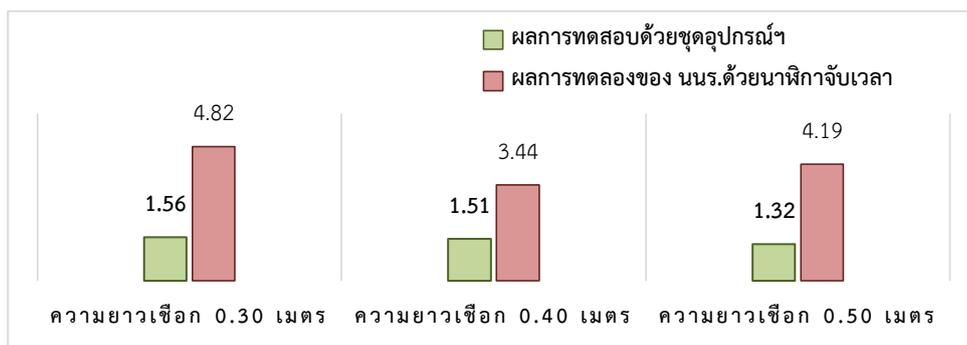
รูปที่ 9 ตัวอย่างผลการทดลองของ นนร. โดยการใช้นาฬิกาจับเวลา (ต่อ)

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบชุดอุปกรณ์ ๆ ประกอบชุดทดลองการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายและผลการทดลองของ นนร. ด้วยนาฬิกาจับเวลา เปรียบเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน ณ กรุงเทพมหานคร โดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั้น พบว่า

6.1 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการทดสอบชุดอุปกรณ์ ๆ เมื่อเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.56, 1.51, และ 1.32 ที่ความยาวเชือก 0.30, 0.40, และ 0.50 เมตร ตามลำดับ

6.2 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการทดลองของ นนร. ด้วยนาฬิกาจับเวลา เมื่อเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 4.82, 3.44, และ 4.19 ที่ความยาวเชือก 0.30, 0.40, และ 0.50 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบร้อยละความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ร้อยละความคลาดเคลื่อนของชุดอุปกรณ์ ๆ มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า g อยู่ที่ร้อยละ 1.463 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความยาวเชือกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทดลองของ นนร. ด้วยนาฬิกาจับเวลาอยู่ที่ร้อยละ 4.150 จึงกล่าวได้ว่า ชุดอุปกรณ์ ๆ ที่ทำการออกแบบและพัฒนาี้ มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้การจับเวลาแบบเดิม นอกจากนี้ยังนับเป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID - 19 ในปัจจุบัน เนื่องจาก นนร. สามารถรับค่าของการทดลองผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายของตนเองได้ โดยไม่จำเป็นต้องมาอ่านค่าบริเวณพื้นที่การเรียนการสอน ซึ่งจะทำให้เกิดความแออัด และยังเป็น การลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ ๆ อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงเรียนนายเรือ [อินเทอร์เน็ต]. สมุทรปราการ: โรงเรียนนายเรือ; c2020 [เข้าถึงเมื่อ 15 ธ.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.rtna.ac.th/download/65Final.pdf>
- [2] Serway RA, Jewett JW. Physics for scientists and engineers with modern Physics. 9th ed. Boston: Brooks/Cole; 2012.
- [3] Halliday D, Resnick R, Walker J. Fundamentals of physics. 11th ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2018.
- [4] กฤษฎา สังคามณี, รัชฎ กัดมัน. ชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายโดยใช้เซนเซอร์ฮอลล์. ใน: ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช, วิจารณ์ จันทร์เทพย์, วนิดา ตรีสวัสดิ์, บรรณาธิการ. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 3 สร้างองค์ความรู้ มุ่งสู่การศึกษาและพัฒนาท้องถิ่น; 1 มี.ค. 2558; ราชบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง; 2558. น. 571-8.
- [5] อภิรักษ์ พันธุ์พฒาสกุล, ธิติรัตน์ ศรีระสันต์, ภูวนาท จันทร์ขาว, กนกรัตน์ จันทร์มโน. การพัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟน. ใน: ทศนีย์ ประธาน, บรรณาธิการ. การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10; 12-13 ก.ค. 2562; สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่; 2556. น. 645-59.
- [6] INRO Electronics. Infrared (IR) Sensor Hw201 Object Detection [Internet]. [place unknown]: INRO Electronics; c2022 [cited 2022 Jan 17]. Available from: <https://www.inro-electronics.com/infrared-object-detection-sensor>
- [7] สุเมธี อินคำเชื้อ. การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยเครือข่ายไร้สาย [อินเทอร์เน็ต] [ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560 [เข้าถึงเมื่อ 22 ม.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: http://ethesisarchive.library.tu.ac.th /thesis/2017/TU_2017_5910037489_7858_6921.pdf
- [8] โภคี บุญนรากร. ระบบให้อาหารม้าแบบอัตโนมัติด้วยไอโอที [อินเทอร์เน็ต] [ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2564. [เข้าถึงเมื่อ 7 ก.พ. 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/17309/1/6010121035.pdf>