

การพัฒนาอุปกรณ์ใช้ในห้องปฏิบัติการโรงเรียนนายเรือเพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสมาร์ทโฟน

Development of Experimental Equipment for Observation the Freefall, Royal Thai Naval Academy, Using a Simple Microcontroller and Smart Phone

บทความวิจัย

วีระ บุญผุด¹ และ ประเสริฐ เป้นยूरตน²

Veera Boonphud and Prasert Paenyoorat

กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย 10270¹

Department of Physics and Chemistry, Education Branch, Royal Thai Naval Academy,

Samutprakan, Thailand 10270

กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย 10270²

Department of Engineering, Education Branch, Royal Thai Naval Academy,

Samutprakan, Thailand 10270

E-mail: veeraboonthud@gmail.com¹ and E-mail: prasert.parns@navy.mi.th²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่อง การตกอิสระให้ทันสมัยและมีความแม่นยำสูงในการวัดค่าช่วงเวลาและความสูงของวัตถุ โดยอาศัยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจจับเวลาตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนและตัวตรวจจับความสูงวัตถุแบบอัลตราโซนิก ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลทั้งบนจอและสมาร์ทโฟน อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ การนำเทคนิค ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการออกแบบ ใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนแทนการใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยนาฬิกาจับเวลา ใช้ตัวตรวจจับระยะตกของวัตถุแบบตรวจจับการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียงแทนการใช้สายวัดระดับ และอุปกรณ์ IoT ควบคุมการแสดงผลบนสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

¹ อาจารย์กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

² อาจารย์กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

¹ Lecturer, Department of Physics and Chemistry, Education Branch, Royal Thai Naval Academy

² Lecturer, Department of Engineering, Education Branch, Royal Thai Naval Academy

การวิจัยพบว่า ชุดทดลองการตกแบบอิสระควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจจับเวลาด้วยอุปกรณ์ตรวจจับการสั่นสะเทือน ตรวจจับระยะตกวัตถุด้วยอุปกรณ์ตรวจจับการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียงและแสดงผลบนสมาร์ตโฟนสามารถใช้งานได้มีความแม่นยำที่ ร้อยละ 98.57

คำสำคัญ: การตกอิสระ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ตัวตรวจวัดแบบเพียโซอิเล็กทริก, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The objectives of the research is to develop an easy-to-use and, nevertheless, highly-accurate free-fall apparatus for Physics Experiment Laboratory. In the proposed design, a microcontroller was used for controlling the application of a vibration detector and an ultrasonic sensor to, respectively, measure time and height of a falling object. Contrary to most conventional designs which use a stopwatch to measure the time and measuring scale to measure the height of the falling object, the proposed design, instead, uses the vibration detector and ultrasonic sensor for improving accuracy. The measurement results can be displayed on the microcontroller's screen or on a smartphone via the IoT equipment and a smartphone application, namely, Blynk.

The results have shown that the tested apparatus of free falling which was controlled by microcontroller, time detected by a vibration detector, and measuring the height of falling

with an equipment detecting the reflection of frequency of sound waves, and displayed the result through smartphones has an accuracy of 98.57%.

Keywords: Free fall, Ultrasonic Sensor, Piezoelectric Sensor, Internet of Thing (IoT)

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นโยบายของรัฐบาลประเทศต้องการขับเคลื่อนประเทศสู่ Thailand 4.0 ให้หลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง รวมทั้งกับดักของความไม่เท่าเทียมกันของคนในชาติ เพื่อให้ประเทศมีศักยภาพที่สามารถแข่งขันได้บนเวทีโลก จึงจำเป็นต้องพัฒนากำลังคน เทคโนโลยีนวัตกรรม ทั้งสร้างองค์ความรู้ให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นของประเทศไทยมีอัตลักษณ์ความเป็นไทยบนพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียง บทบาทของอุดมศึกษา จึงเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญในการผลักดันนโยบายดังกล่าว โดยนำทั้ง 4 พันธกิจที่ประกอบด้วยการผลิตและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ การวิจัยและพัฒนา การบริการวิชาการและการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมมาสนับสนุน ดังนั้นการจะทำให้ 4 พันธกิจสามารถสนับสนุนการพัฒนาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อุดมศึกษาต้องปฏิรูปตนเองไปพร้อมกับ การปฏิรูปประเทศ

แผนอุดมศึกษาระยะยาว 20 ปี (พ.ศ.2561-2580) ให้ปฏิรูปอุดมศึกษาเพื่อกำหนดบทบาทของสถาบันอุดมศึกษาในฐานะ Service Provider ผลผลิตที่เกิดจากอุดมศึกษาต้องมีคุณภาพมาตรฐานเป็นที่ยอมรับและกลไกการขับเคลื่อนในระบบอุดมศึกษาที่จะสร้างคุณภาพในการบริหารเกิดธรรมาภิบาล รวมทั้งการนำดิจิทัลเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนและการบริหารจัดการ (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, สำนักนโยบายและแผนการอุดมศึกษา, 2561, น.9-14)

“ภารกิจ” โรงเรียนนายเรือเป็นสถาบันการศึกษาในสังกัดกองทัพเรือที่ให้ความรู้ด้านวิชาการในระดับปริญญาตรีในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สาขาต่าง ๆ แก่นักเรียนนายเรือ อีกทั้งมีภารกิจในการจัดการฝึกอบรมทางด้านวิชาทหารวิชาชีพทหารเรือและพลศึกษาเพื่อให้นักเรียนนายเรือมีความรู้ความสามารถและประสบการณ์เหมาะสมที่จะเป็นนายทหารสัญญาบัตรของกองทัพเรือที่สามารถปฏิบัติหน้าที่นายทหารสัญญาบัตรชั้นผู้น้อยในระยะแรกได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเป็นผู้นำ มีคุณธรรมประจำใจ มีความสำนึกในหน้าที่และความรับผิดชอบ สืบทอดแบบธรรมเนียมประเพณีของทหารเรือเทิดทูนและยึดมั่นในชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข (โรงเรียนนายเรือ, ม.ป.ป.) วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาบังคับพื้นฐานในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ทุกสาขาของโรงเรียนนายเรือ หัวข้อทดลองเรื่องการตกอิสระอยู่ในการทดลองที่ 4 รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (1 หน่วยกิต) โดยประเมินผลการเรียน นักเรียนนายเรือต้องสามารถหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้อย่างถูกต้องและต้องสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าทดลองกับค่ามาตรฐานในประเทศไทย วัดโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้ทำการทดลองหาค่า g ที่กรุงเทพฯ มีค่าเท่ากับ 9.78297 เมตร/วินาที² สรุปผลการทดลองได้อย่างมีเหตุผลด้วยเหตุนี้ หากชุดทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 เรื่องการตกอิสระไม่มีความแม่นยำในการวัดช่วงเวลาและค่าความสูงของวัตถุจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงนั้นหมายถึง ความไม่สอดคล้องของค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในห้องทดลองกับค่ามาตรฐานอาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในอุปกรณ์การทดลอง และผลการทดลอง นอกจากนั้นแล้วอาจส่งไปถึงหัวข้อเรื่องเดียวกันในรายวิชาฟิสิกส์ 1 (3 หน่วยกิต) เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตั้งตกอิสระ ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าแรงโน้มถ่วง

ของโลกเช่นเดียวกัน ทั้ง 2 วิชาเป็นวิชาบังคับพื้นฐานนักเรียนนายเรือชั้นปีที่ 1 โดยกำหนดให้นักเรียนนายเรือต้องผ่านเกณฑ์ระดับการศึกษาที่ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 หากไม่ผ่านเกณฑ์ระดับการศึกษาวิชาใดวิชาหนึ่งจะมีผลให้ต้องเรียนซ้ำชั้นซึ่งเป็นการเสียเวลาและสูญเสียงบประมาณรวมถึงสูญเสียโอกาสในการเพิ่มจำนวนนายทหารสัญญาบัตรของกองทัพเรือในปีนั้น ๆ

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นผลเสียที่ตามมาอันเกิดจากความล้าสมัยของเครื่องมือในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ส่งผลต่อความเข้าใจของนักเรียนนายเรือที่คลาดเคลื่อนความไม่สอดคล้องกันระหว่างผลการทดลองกับค่ามาตรฐานที่ไม่ตรงกันมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงมาก จึงได้คิดค้นเครื่องมือทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพิ่มความแม่นยำในการวัด เช่น อุปกรณ์แบบตรวจจับการสั่นสะเทือน (Piezoelectric Sensor) วัดช่วงเวลาเวลาที่วัตถุตกถึงพื้นความไวในระดับมิลลิวินาที อุปกรณ์แบบอัลตราโซนิกวัดความสูงวัตถุมีความแม่นยำระดับมิลลิเมตรเพิ่มความสะดวกความแม่นยำและราคาถูก ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์และสามารถรองรับการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ในรูปแบบออนไลน์ อีกทั้งการควบคุมและสั่งการโดยสมาร์ทโฟนในระยะไกลเกินกว่า 2 เมตรขึ้นไป ยังช่วยลดความเสี่ยงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องมือในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการตกอิสระให้ทันสมัยและมีความแม่นยำสูงในการวัดค่าช่วงเวลาและความสูงของวัตถุโดยอาศัยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนและตัวตรวจวัดความสูงวัตถุแบบอัลตราโซนิกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลทั้งบนจอและสมาร์ทโฟน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

ดิเรก บุญธรรม, สันติภาพ สระบัว, อภิชาติ พงษ์พลา, อุดมเดช ภักดี, และชุตินา อุปถัมภ์ (2556, น.41-47) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์เปียโซ-อิเล็กทริก เริ่มจากการนำเทคนิคไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการออกแบบโดยใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนแทนการใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบแสงแสดงผลบนจอ ซึ่งพบว่าข้อดีของตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนดีกว่าตัวตรวจจับแบบแสงในแง่ของความเที่ยงตรงและความแม่นยำของช่วงเวลาเพื่อศึกษาการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยวิธีการตกแบบอิสระผลการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ของกระจัดกับเวลา กำลังสองมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น เมื่อนำความชันของกราฟมาคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกพบว่ามีความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 0.61 เมื่อเทียบกับค่าจริงที่ได้จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ [National institute of metrology (Thailand)] เป็นค่าที่วัดหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ค่า g) ที่กรุงเทพฯ มีค่า คือ 9.78297 m/s^2

อภิรักษ์ พันธุ์พัฒนาสกุล, อิตารักษ์ ศรีระสันต์, ภูวนาท จันท์ขาว, และกนกรัตน์ จันทรมโน (2562, น.645-659) ได้พัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟนโดยศึกษาการทำงานชุดควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและศึกษาลักษณะการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟน และได้มีการนำแอปพลิเคชัน Blynk มาใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยสามารถตรวจสอบการเข้าใช้งานและการเรียกดูรายงานในแต่ละวันและย้อนหลังได้โดยการตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน Blynk การประเมินคุณภาพของระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟนมีการประเมิน 2 รูปแบบคือการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานผลการประเมินโดยผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องพบว่า ประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาอยู่ในระดับที่ดี ($\bar{X} = 4.05$) ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องมือโดยผู้ใช้งาน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.15$)

ชาธิณี ขาญดนตรีกิจ และณัฐกร สืบบุก (2553, น.3-9) ได้ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ภาษา C/C++ ศึกษาการเขียนภาษา HTML และการสร้าง Dynamic HTML ศึกษาการสร้างเว็บไซต์มีการตอบสนองแบบ Real-time ด้วยเทคโนโลยี AJAX ศึกษาการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่ช่วยในการออกแบบและตกแต่งเว็บไซต์เช่น Adobe Dreamweaver, Adobe Photoshop ศึกษาและออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบเน็ตเวิร์คศึกษาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยระบบที่กล่าวมาจะใช้งานหรือควบคุมทั้งหมดผ่านหน้าเว็บเพจ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากการส่งผ่านหน้าเว็บเพจส่งไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราต้องการจะควบคุม และยังสามารถตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นได้โดยในโครงงานนี้เน้นไปที่ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาแนวความคิดสร้างชุดการทดลองอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์โรงเรียนนายเรือ เพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสมาร์ทโฟน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนนายเรือชั้นปีที่ 1 โดยผ่านการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 เรื่องการตกอิสระเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ค่า g) บน 2 ตัวแปรสำคัญคือ ความสูงวัตถุที่ปล่อยถึงพื้น (ค่า h) และช่วงเวลาตก (ค่า t) บนสมการตกอิสระ $h = \frac{1}{2}gt^2$ ตัวแปรในสมการทำการวัดโดยใช้อุปกรณ์อัลตราโซนิกวัดค่า h และอุปกรณ์เปียโซอิเล็กทริกวัด t งานวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับผู้เกี่ยวข้องได้นำไปปรับใช้เพื่อส่งเสริมเรียนรู้ความเข้าใจแนวคิดและความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ส่งเสริมผู้เรียนให้ได้เรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) อุปกรณ์ 2) การออกแบบ 3) วิธีการทำงานของชุดอุปกรณ์

1. อุปกรณ์

- 1.1 ชุดตัวโครงสร้างชุดทดลอง
- 1.2 อุปกรณ์ปล่อยวัตถุเหล็กกลม
- 1.3 อุปกรณ์วัดความสูงวัตถุแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Detector)
- 1.4 อุปกรณ์จับช่วงเวลาตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือน (Vibration Detector)
- 1.5 Arduino Board ESP8266 (Node MCU)
- 1.6 ลูกเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

2 เซนติเมตร

1.7 จอแสดงผล LCD แบบ Touch Screen Nextion 4.3 นิ้ว

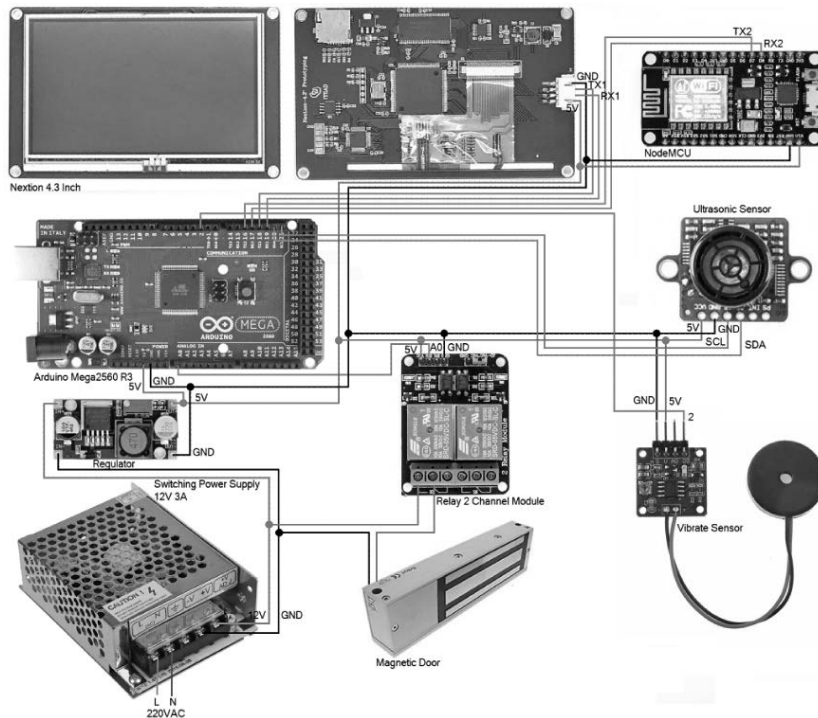
1.8 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

1.9 iPad Air 4

2. การออกแบบ

ศึกษาเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ จากหนังสือแบบเรียนและบทความเกี่ยวกับการตกอิสระ ซึ่งวัตถุประสงค์ในการสร้างชุดอุปกรณ์หาค่าแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อให้เกิดความสะดวกและความแม่นยำในการหาค่าแรงโน้มถ่วงของโลก โดยลดปัญหาการอ่านค่าจากไม้เมตร และนาฬิกาจับเวลา ดังนั้น จึงออกแบบระบบการวัดค่าแรงโน้มถ่วงของโลกอัตโนมัติพร้อมการประมวลผลที่มีการแสดงผลบนหน้าจอและบนสมาร์ทโฟนและเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้นยังสามารถแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟน ซึ่งมีขั้นตอนการประดิษฐ์เป็นไปตามการออกแบบตามผังอุปกรณ์ในภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 การทำงานของวงจรจะเริ่มจากบอร์ด Arduino Mega 2560 R3 ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลกลาง โดยรับคำสั่ง Input มาจากจอ สวิตช์แม่เหล็กทำหน้าที่ปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงมากระทบกับตัวตรวจจับการสั่นสะเทือนซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับแรงสั่นสะเทือน เซนเซอร์อัลตราโซนิกทำหน้าที่วัดระยะความสูงของลูกเหล็กกับพื้นผิวที่ลูกเหล็กตกลงมากระทบกับเซนเซอร์ตรวจจับแรงสั่นสะเทือน ดังนั้น เมื่อมีการกดปุ่มเพื่อปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงมากระทบกับเซนเซอร์ตรวจจับแรงสั่นสะเทือน นาฬิกาจะหยุดจับเวลา และจะคำนวณเวลาทั้งหมดมาแสดงผลที่หน้าจอ พร้อมกับระยะความสูงที่วัดได้ แล้วคำนวณค่าแรงโน้มถ่วงโลกเมื่อจะทำการทดลองใหม่ก็ให้กดปุ่ม รีเซ็ตที่หน้าจอสัมผัสบอร์ด ESP8266 (Node MCU) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลการทดลองผ่าน WiFi เพื่อไปแสดงผลที่สมาร์ทโฟน

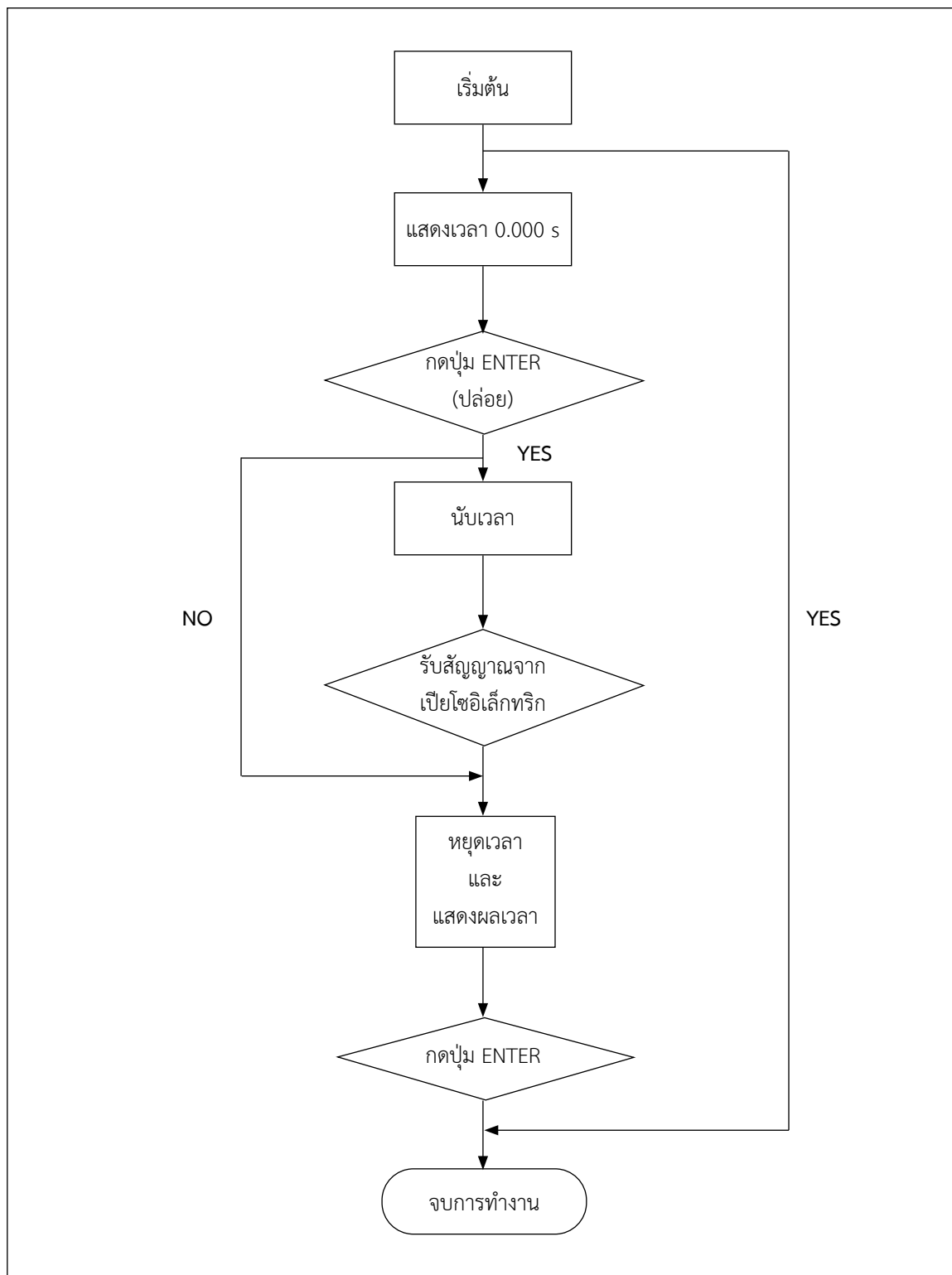


ภาพที่ 1 ผังการออกแบบชุดทดลองการตักอิสระควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 การออกแบบวงจรในส่วนของซอฟต์แวร์

วิธีการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตักอิสระ คือ เชื่อมสายสัญญาณออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์กับรีเลย์ เพื่อเป็นตัวสั่งให้เริ่มการทำงานส่วนของตัวสั่งให้หยุดการทำงาน คือสัญญาณจากตัวตรวจวัดการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก ซึ่งจะส่งเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานทั้งหมดนั้นทำงานภายใต้การสั่งที่โปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาที่ใช้ในการสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ Arduino IDE กระบวนการทำงานของอุปกรณ์ติดตามการตักอิสระของวัตถุนั้น แสดงได้ดังภาพที่ 2 ส่วนการวัดระยะความสูงนั้นใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแบบอัลตราโซนิกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นเดียวกัน

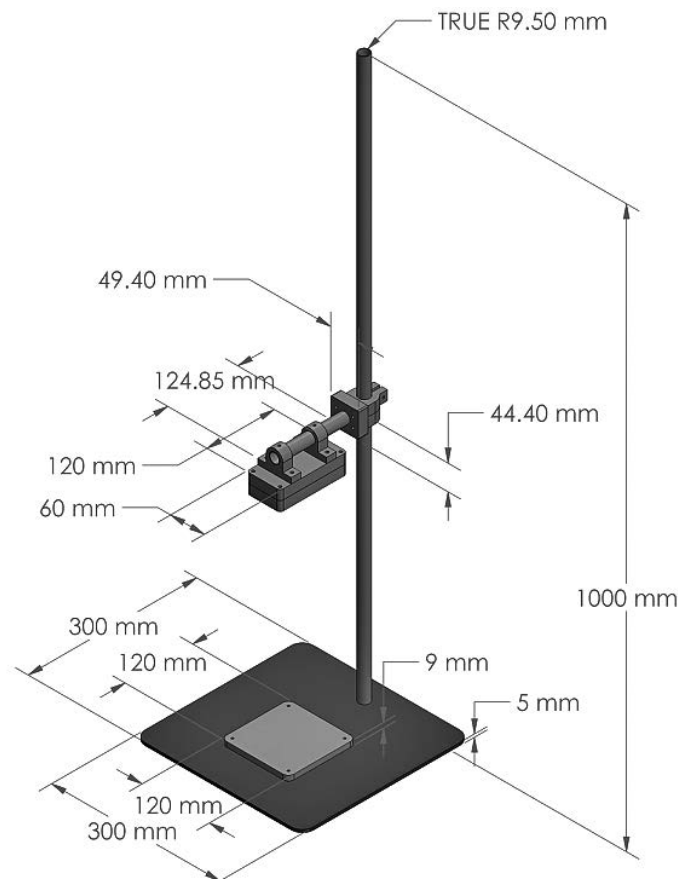


ภาพที่ 2 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ติดตามการตกอิสระของวัตถุ

2.2 การประดิษฐ์พัฒนาชุดโครงสร้างปล่อยวัตถุทรงกลม

ฐานเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30×30 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร สำหรับรับน้ำหนักโครงสร้าง ใช้เสาอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.90 เซนติเมตร

สูง 300 เซนติเมตร (ถอดประกอบ 3 ท่อน ท่อนละ 100 เซนติเมตร) สำหรับยึดชุดปล่อยวัตถุทำจากเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 12.485×6.0 เซนติเมตร หนา 12 เซนติเมตร พร้อมลูกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของชุดโครงสร้างปล่อยวัตถุทรงกลมให้ตกอิสระ

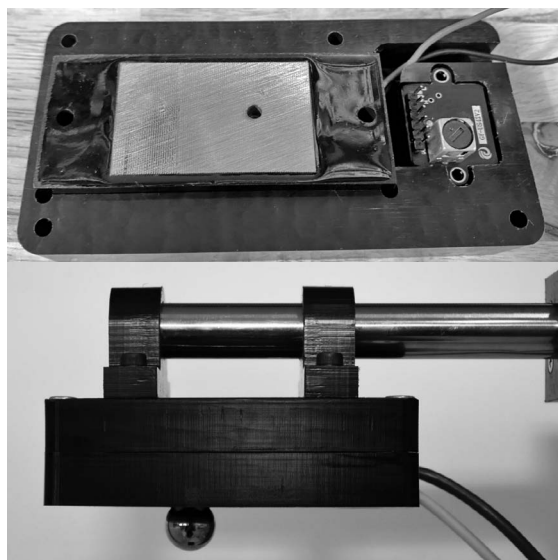
2.3 การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ควบคุม

2.3.1 การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ปล่อยวัตถุทรงกลม

โมดูลสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Door Switch) รุ่น MC-38 ขนาด 27×14 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร Magnetic Door ทำหน้าที่ควบคุม

การปล่อยลูกเหล็ก โดยใช้บอร์ดรีเลย์ขนาด 12V ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด-เปิดวงจร และมีแหล่งจ่ายพลังงาน ขนาด 12V ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสวิตช์แม่เหล็กในขณะที่ยังไม่มีคำสั่งปล่อยลูกเหล็ก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์จ่ายกำลังไฟฟ้าให้สวิตช์แม่เหล็กเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กและดูดลูกเหล็กไว้ เมื่อผู้ใช้งานกดสั่งปล่อยลูกเหล็ก

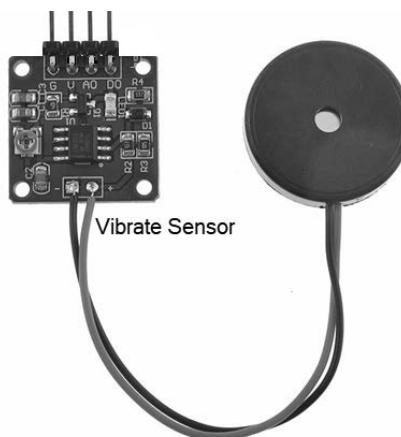
ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้รีเลย์เปลี่ยนสถานะ เพื่อไปตัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับสวิทช์แม่เหล็ก ทำให้สวิทช์แม่เหล็กหยุดทำงาน เมื่อสนามแม่เหล็กอ่อนกำลังลงจนไม่สามารถเหนี่ยวนำขดลวดเหล็กไว้ได้ทำให้ลูกเหล็กหล่นลงมากกระทบกับแผ่นตรวจวัดการสั่นสะเทือน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดอุปกรณ์ปล่อยวัตถุทรงกลมให้ตกอิสระ

2.3.2 อุปกรณ์ตรวจจับการสั่นสะเทือนแบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Detector)

อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนทำหน้าที่ตรวจจับการสั่นสะเทือน เมื่อมีการสั่นสะเทือนที่ Piezoelectric จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ถ้าแรงดันที่ได้มากกว่าแรงดันอ้างอิง จะส่ง Output ออกมาเป็น 5V แต่ถ้าแรงดันที่เกิดขึ้นน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง จะส่ง Output ออกมาเป็น 0V เมื่อลูกเหล็กตกลงบนแผ่นตรวจจับการสั่นสะเทือน แรงดันไฟ 5V จะส่งไปยังขา Input ของบอร์ด Arduino Mega 2560 โปรแกรมจะสั่งให้หยุดเวลา และนำค่าเวลาที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าความเร่งของวัตถุตกอิสระ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน

2.3.3 อุปกรณ์วัดความสูงวัตถุแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor)

อุปกรณ์วัดความสูงวัตถุทำหน้าที่วัดระยะทางระหว่างจุดปล่อยลูกเหล็กกับพื้น โดยหลักการการทำงานจะส่งสัญญาณเสียงความถี่ 40 KHz สัญญาณที่ปล่อยออกมาจะสะท้อนกับพื้นแล้วสะท้อนกลับไปยังตัวรับ ระยะเวลาที่เริ่มจากปล่อยสัญญาณเสียงจนสะท้อนกลับมาถึงตัวรับ จะถูกนำไปคำนวณออกมาเป็นระยะทางหน่วยเซนติเมตร ในการติดต่อกับบอร์ด Arduino Mega 2560 จะสื่อสารผ่านรูปแบบ I2C ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อุปกรณ์วัดความสูงวัตถุ

2.4 การสร้างชุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่ายและสมาร์ทโฟน

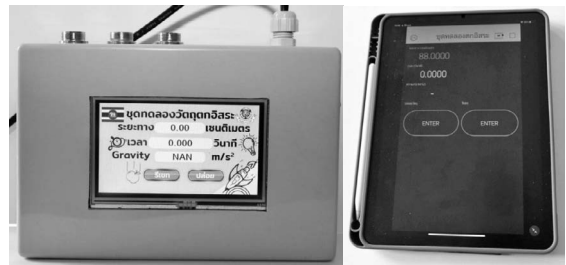
วิธีการสร้างอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การตกอิสระ คือ เชื่อมสายสัญญาณออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์กับรีเลย์ เพื่อเป็นตัวสั่งให้เริ่มการทำงาน ส่วนของตัวสั่งให้หยุดการทำงานคือสัญญาณจากตัวตรวจวัดการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก ซึ่งจะส่งเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์การทำงานทั้งหมดนั้นทำงานภายใต้การสั่งที่โปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาที่ใช้ในการสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด ESP8266 (Node MCU) คือ Arduino IDE ในการเขียนคำสั่งลงไปบนบอร์ด ESP8266 (Node MCU) เพื่อให้แสดงผลบนจอผ่านทาง Serial ที่อัตราความเร็วในการสื่อสาร 9600 บิตต่อวินาทีและในแอปพลิเคชัน Blynk ดังแสดงในภาพที่ 7 ส่วนการวัดระยะความสูงนั้นใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแบบอัลตราโซนิกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงผลบนจอและสมาร์ทโฟนเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 7 ภาพการแสดงผลข้อมูลการทดลองควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

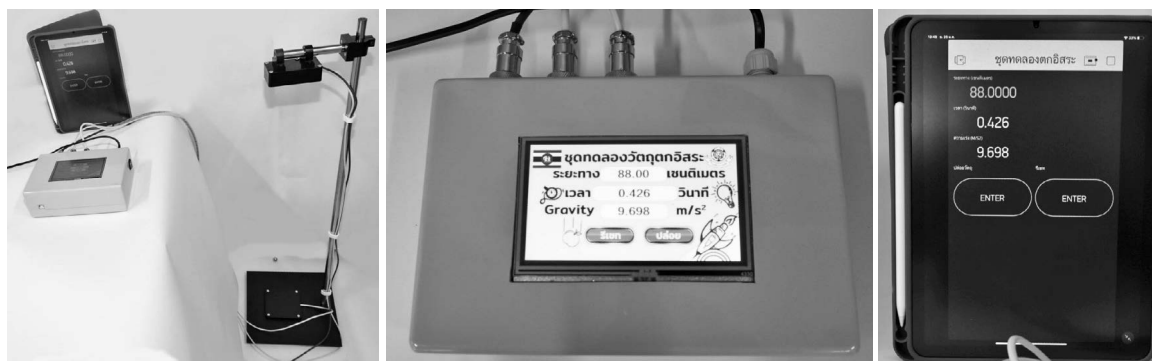
3. วิธีการทำงานของชุดอุปกรณ์

การทำงานของเครื่องทดสอบวัดค่าแรงโน้มถ่วงของโลกขั้นตอนเตรียมปล่อยให้กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) บนจอหรือบนสมาร์ทโฟน เพื่อเปิดสวิตช์แม่เหล็กพร้อม กับติดตั้งลูกเหล็กทรงกลมที่ตำแหน่งด้านล่างแม่เหล็กพร้อมปล่อย สังเกตที่ตำแหน่งพร้อมปล่อยนั้นบนหน้าจอจะแสดงผลค่าที่ต้องการวัดคือ ระยะความสูงของลูกเหล็กก่อนปล่อยเป็นระยะ 0 เซนติเมตร เวลา 0.000 วินาที และ Gravity เป็นตัวอักษร NAN m/s^2 ที่ไว้ประมาณ 5 วินาที อุปกรณ์วัดระยะสูงลูกเหล็กจะวัดค่าความสูงจากฐานได้ทันที เช่น ระยะ 88 เซนติเมตร เวลา 0.000 วินาที และ Gravity เป็นตัวอักษร NAN m/s^2 สามารถเลือกแสดงผลได้สองทาง คือ บนจอ หรือบนสมาร์ทโฟน หรือทั้งคู่ ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ชุดอุปกรณ์แสดงผลบนจอแอลซีดีและสมาร์ทโฟน

ขั้นตอนปล่อยลูกเหล็กให้กดปุ่มปล่อยบนหน้าจอหรือบนสมาร์ทโฟนลูกเหล็กจะหล่นลงบนฐานโครงสร้างที่มีเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนติดตั้งอยู่ทันทีพร้อม กับแสดงผลช่วงเวลาและคำนวณค่าแรงโน้มถ่วงของโลกอัตโนมัติบนจอ และแสดงผลผ่าน IoT ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟนการทำงานดังกล่าวแสดงในภาพที่ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 9 ชุดอุปกรณ์การทดลองแบบตกอิสระที่แล้วเสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดอุปกรณ์พร้อมโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) การตกอิสระของลูกเหล็กจากการทดสอบค่าความแม่นยำในการวัดค่าแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการศึกษาค่า g ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลโดยการปล่อยให้วัตถุหล่นที่ระดับความสูงต่าง ๆ จากจุดปล่อย แล้วนำค่าระยะความสูงและเวลาที่บันทึกได้ไปหาค่า g โดยอ้างอิงทฤษฎีการตกอิสระ สมการเคลื่อนที่สำหรับวัตถุการตกอย่างอิสระในสนาม

โน้มถ่วงของโลก คือ

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

เมื่อปล่อยให้ตกอย่างอิสระความเร็วเริ่มต้น v_0 ได้

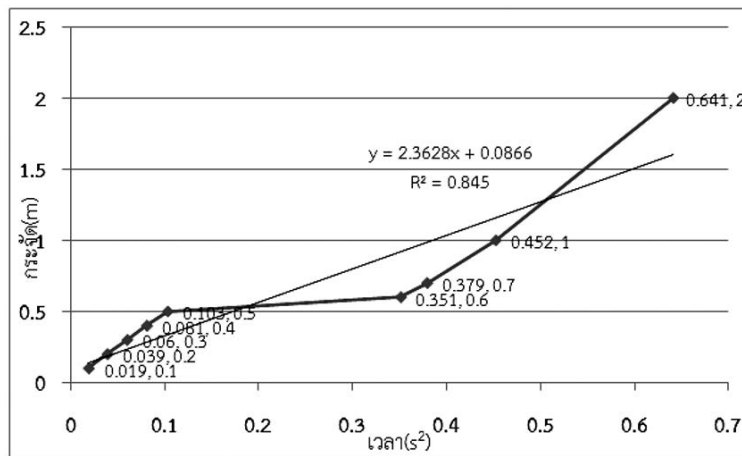
$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

ที่ระดับความสูงต่าง ๆ (h) และเวลา (t) ณ ช่วงความสูงนั้น ๆ ก็สามารถคำนวณหาค่า g จากสมการ (2) ได้ผลการทดลองดังตารางบันทึกผลการทดลอง ดังนี้ จากผลการทดลองความแม่นยำตามตารางที่ 1 คำนวณได้ค่า g เฉลี่ย 9.894 เมตร/วินาที²

ตารางที่ 1 ผลการทดลองหาค่า g โดยชุดทดลองการตกอิสระควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ระยะความสูง h (cm)	เวลา (s)				t_{av}^2 (s ²)	g (m/s ²)
	t_1	t_2	t_3	t_{av}		
200	0.641	0.640	0.641	0.641	0.411	9.722
100	0.453	0.452	0.451	0.452	0.205	9.735
70	0.379	0.378	0.340	0.379	0.143	9.736
60	0.351	0.350	0.352	0.351	0.123	9.725
50	0.322	0.323	0.320	0.321	0.103	9.708
40	0.285	0.286	0.285	0.285	0.081	9.786
30	0.245	0.247	0.246	0.245	0.060	10.001
20	0.198	0.199	0.198	0.198	0.039	10.112
10	0.140	0.141	0.140	0.137	0.019	10.526
ค่า g เฉลี่ย						9.894

จากผลการทดลองตามตารางที่ 1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง h และ t^2 เป็นดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟวิเคราะห์หาค่า g โดยวิธีทางกราฟ

เมื่อนำค่า h และ t^2 ไปเขียนกราฟจะได้ว่า
ค่าความชันเท่ากับ 4.761 จากสมการ (2) ค่าความชัน

$$(Slope) = \frac{1}{2}g$$

ดังนั้นจะได้ค่า $g = 2 (Slope)$

$$= 2(4.761)$$

$$= 9.522 \text{ เมตร/วินาที}^2$$

ค่า g ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ชุดทดลองการตกอิสระ
ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์คือ 9.522 เมตร/วินาที²
เมื่อเทียบกับค่าแรงโน้มถ่วงที่กรุงเทพฯ ค่า g มีค่าเท่ากับ
9.784 เมตร/วินาที² ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนของค่า g
ที่ได้จากการทดลอง คือ ร้อยละ 2.677

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินความพึงพอใจของ
นักเรียนนายเรือ จำนวน 5 กลุ่ม 3 ด้าน หลังการทดลอง
โดยแบบสอบถามได้ผลการทดสอบดังในตารางที่ 2 ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนนายเรือ
ทั้ง 3 ด้าน มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโดยนักเรียนนายเรือ ชั้นปีที่ 1

หัวข้อประเมิน	จำนวนผู้แสดงความคิดเห็น ในแต่ละระดับคะแนน (นาย)					คะแนนเฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
ความง่ายและสะดวกในการใช้งาน	23	2	2	-	-	4.77
สามารถใช้ทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้	24	2	1	-	-	4.85
ความสามารถใช้งานให้เทียบเท่าชุดทดลองพาณิชย์	22	3	2	-	-	4.74
คะแนนรวมเฉลี่ย 4.78						

จากตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความง่ายและสะดวกในการใช้งานของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.77) สามารถใช้ทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.85) และความสามารถใช้งานให้เทียบเท่าชุดทดลองพาณิชย์อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.74) ในหัวข้อประเมินนี้ได้มีการเปรียบเทียบกับชุดทดลองแบบเดียวกันของบริษัท PASCO USA. ตัวอย่างเช่น วัดเปรียบเทียบกัน 3 ช่วงระยะความสูงที่ 40 เซนติเมตร ชุดวิจัยวัดเวลาได้ 0.285 วินาที บริษัท PASCO วัดเวลาได้ 0.294 วินาที ที่ความสูง 50 เซนติเมตร ชุดวิจัยวัดเวลาได้ 0.321 วินาที บริษัท PASCO วัดเวลาได้ 0.347 วินาที ที่ความสูง 60 เซนติเมตร ชุดวิจัยวัดเวลาได้ 0.351 วินาที บริษัท PASCO วัดเวลาได้ 0.364 วินาที ผลการประเมินความพึงพอใจทั้งหมดนี้คิดเป็น ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 92.6

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองการตกอิสระและสร้างโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดค่าช่วงเวลาจากจุดปล่อยจนตกถึงพื้นและวัดค่าความสูงของวัตถุ พบว่า เครื่องมือมีความสามารถในการวัดเวลาและความสูงตกอิสระจากจุดปล่อย ส่วนโปรแกรมอัตโนมัติสามารถแสดงผลเวลาและความสูงได้แม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบวัดค่าเวลาเทียบกับชุดทดลองแบบเดียวกันของบริษัท PASCO USA. มีค่าแตกต่างกันเพียง ร้อยละ 3.06 นอกจากนั้นชุดวิจัยยังรวมการทำงานไว้ในอุปกรณ์เดียวกัน คือ บนจอ LCD Touch Screen และ บน Smartphone เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองของบริษัท PASCO ที่ควบคุมสั่งการผ่านกล่องควบคุมอย่างเดียว จึงถือว่าชุดวิจัยตอบโจทย์ในเรื่องความแม่นยำ สะดวก และทันสมัย ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนนายเรือคะแนนรวมเฉลี่ย 4.76 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย ร้อยละ 95.20

การอภิปรายผล

ในการสร้างชุดทดลองตกอิสระนี้ทำงานบรรลุผลครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยทุกประการ กล่าวคือ ใช้วัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ได้เท่ากับ 9.522 เมตร/วินาที² มีข้อสังเกตดังนี้

1. สัญญาณนาฬิกา (Timer) วัดได้ละเอียด 1/1000 วินาที หรือทศนิยม 3 ตำแหน่งผลที่ตามมาคือสามารถวัดค่า g ได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 เท่านั้น

2. ในการทดลองให้วัตถุตกอย่างอิสระนี้ไม่มีการคิดแรงต้านจากอากาศและไม่ได้คำนึงถึงการหน่วงเวลาของสัญญาณจากเซนเซอร์และการแสดงผลของโปรแกรมบนจอภาพแต่อย่างใด การกำหนดให้วัตถุมีความเร็วต้นเป็นศูนย์หรือตกจากหยุดนิ่ง

3. ความสูงวัตถุ (กระจัด) ที่เหมาะสมให้ค่า g ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานควรอยู่ที่ระยะ 40 เซนติเมตรขึ้นไป เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับเวลาแบบสั่นสะเทือนมีค่าหน่วงเวลามากในช่วงนี้ทำให้การวัดค่าเวลาคลาดเคลื่อน แนะนำควรใช้วัสดุชนิดฟิล์มพลังงานสูงเปียโซอิเล็กทริก แผ่นดิสก์เซนเซอร์ Piezoelectric หรือวัสดุโซไทรโฟน วัสดุเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริกวัสดุทั้ง 2 ชนิด มีความเป็นเปียโซอิเล็กทริกที่ดีมีความแข็งแรงเชิงกลสูง เขตบังคับสูง และการสูญเสียอิเล็กทริกต่ำ

4. จุดที่ปล่อยมวล (ลูกเหล็ก) เมื่อทดลองไปนาน ๆ จะเกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามากขึ้นลูกเหล็กจะถูกดูดด้วยแรงแม่เหล็กมากทำให้ตกหล่นช้ากว่าปกติควรแก้ปัญหาโดยการปิดสวิตช์เพื่อคายแรงแม่เหล็กก่อนแล้วค่อยทำการทดลองต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้งานควรระมัดระวังเรื่องแรงกระเทือนจากภายนอกอาจส่งผลต่อ Piezoelectric ที่ไวต่อการวัด

2. การเชื่อมต่อระบบแสดงบนสมาร์ตโฟนผ่านสัญญาณ Wifi บางครั้งสัญญาณไม่เสถียรมีบางครั้งขณะทำการทดลองไฟฟ้าดับทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อได้ต้องใช้ระบบสำรองแสดงผลบนจอ ดังนั้น ควรเพิ่มช่องทางเชื่อมต่ออีกหนึ่งช่องทางคือ Bluetooth

3. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มความละเอียดเวลาเป็น 0.1 มิลลิวินาที ขึ้นไป เพราะทศนิยมของหน่วยเวลาดังกล่าวเพียง 0.001 วินาที ยังไม่ละเอียดพอทำให้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกต่างกันถึง 0.1 เมตร/วินาที²

เอกสารอ้างอิง

- ดิเรก บุญธรรม, สันติภาพ สระบัว, อภิชาติ พองปลา, อุดมเดช ภัคดี, และชุติมา อุปลัมภ์. (2556). การพัฒนาอุปกรณ์ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์เปียโซอิเล็กทริก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(1), 41-47.
- ชาโรณี ชาญดนตรีกิจ และ ธีรการ สืบบุก. (2553). ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต (ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- โรงเรียนนายเรือ. (ม.ป.ป.). *ภารกิจโรงเรียนนายเรือ*. สืบค้นจาก <http://rtna.ac.th/pages/task.html>
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, สำนักงานนโยบายและแผนการอุดมศึกษา. (2561). *แผนอุดมศึกษาระยะยาว 20 ปี พ.ศ.2561-2580*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ บริษัทพริกหวานกราฟฟิคจำกัด.
- อภิรักษ์ พันธุ์พนาสกุล, ธีรรัตน์ ศรีระสันต์, ภูวนาท จันทร์ขาว, และกนกรัตน์ จันทรมโน. (2562). การพัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ตโฟน. ใน *การประชุมมหาดไทยวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10* (น.645-659). สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.