

## การพัฒนาชุดทดลองการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยตัวตรวจวัดเวลา

### แบบดิจิทัลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน Smartphone

#### สำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ โรงเรียนนายเรือ

#### Development of an Apparatus for Determination of Gravitational

#### Acceleration with Digital Timer with IoT AutoPlay Program on

#### a Smartphone for Physical Laboratory, Royal Thai Naval Academy

วีระ บุญผุด<sup>1</sup>

Veera Boonphud<sup>1</sup>

Received : April 26, 2022

Revised : July 7, 2022

Accepted : July 11, 2022

#### บทคัดย่อ

การศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีความสำคัญเป็นอย่างมากในสาขาวิชาฟิสิกส์ที่ส่งผลต่อการสร้างความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวล น้ำหนักและพลังงานศักย์โน้มถ่วง การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์เพื่อวัดค่าเวลาด้วยตัวตรวจวัดเปียโซอิเล็กทริกและค่าการกระตุ้นด้วยตัวตรวจวัดอัลตราโซนิก ร่วมกับการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด Arduino Mega2560 R3 ควบคุมและแสดงผลอัตโนมัติบนจอภาพชนิดสัมผัส นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ควบคุมและแสดงผลบนสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันบลูทูธ ค่าเวลาและค่าการกระตุ้นที่วัดได้นี้จะนำมาวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยวิธีคำนวณจากสูตรการตกอย่างอิสระและวิธีทางกราฟ ผลจากการทดสอบพบว่าค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดได้จากชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน โดยผลการทดสอบของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นนี้มีความแม่นยำถึงร้อยละ 99.51 จากผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทดลองวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในการศึกษาเรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุได้อย่างแม่นยำ

**คำสำคัญ:** การตกอย่างอิสระ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ตัวตรวจวัดเปียโซอิเล็กทริก, ตัวตรวจวัดอัลตราโซนิก, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

<sup>1</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

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

E-mail: veeraboonthud@gmail.com

## Abstract

The study of gravity is important in order to get to the basic understanding of physics regarding the gravitational force, weight and potential energy. This research aims to develop apparatus for determination of gravitational acceleration by using a digital piezoelectric sensor to measure change in time and a digital ultrasonic sensor to measure change in displacement. using an Arduino Mega2560 R3. The data was sent via the Internet of Thing controller and displayed on Blynk application installed on smartphone. For finding the gravitational acceleration, recorded falling time at different falling displacement were analyzed by free fall formula physics and slope of the graph. The results showed that the value of measured gravitational acceleration was very close to the standard value. Its percentage of accuracy from the standard value was 99.51. This experimental set demonstrated that it was applicable for measuring the gravitational acceleration effectively.

**Keywords:** Free Fall, Arduino Microcontroller, Piezoelectric Sensor, Ultrasonic Sensor, Internet of Thing (IoT)

## 1. บทนำ

แผนหลักสูตรโรงเรียนนายเรือ (ฉบับปรับปรุง) 5 ปี (พ.ศ.2563 - 2567) นโยบายด้านการศึกษาข้อที่ (3) ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน ให้พัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้ทันสมัยสอดคล้องตามหลักการศึกษา รวมทั้งพัฒนาสื่อการเรียนการสอนและห้องสมุดให้ทันสมัยและเอื้ออำนวยต่อการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] ซึ่งสอดคล้องกับแผนอุดมศึกษาระยะยาว 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580) ให้ปฏิรูปอุดมศึกษาเพื่อกำหนดบทบาทของสถาบันอุดมศึกษาในฐานะผู้ให้บริการ (Service Provider) ผลผลิตที่เกิดจากอุดมศึกษาต้องมีคุณภาพมาตรฐานเป็นที่ยอมรับและกลไกการขับเคลื่อนในระบบอุดมศึกษาที่จะสร้างคุณภาพในการบริหารให้เกิดธรรมาภิบาลรวมทั้งการนำดิจิทัลเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนและการบริหารจัดการ [2]

กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ มีหน้าที่รับผิดชอบการศึกษาในแขนงวิชาฟิสิกส์และเคมีพื้นฐาน ให้กับ 4 หลักสูตรปริญญาในหมวดวิชาเฉพาะด้าน กลุ่มวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งหนึ่งในรายวิชานั้นคือ วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (0402) เนื่องจากปัจจุบันชุดทดลองในวิชาฟิสิกส์ 1 ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งแต่ละชุดทดลองมีราคาสูง ประกอบกับเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน ทำให้มีแนวคิดสร้างอุปกรณ์การทดลองในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานขึ้น เริ่มต้นโดยใช้อุปกรณ์ที่ง่ายต่อการสร้างและวัสดุหาซื้อได้ภายในประเทศ เพื่อตอบสนองต่อนโยบายด้านเศรษฐกิจพอเพียง การศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์โดยหาจุดบกพร่องต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้อุปกรณ์การทดลองที่ดีที่สุด เริ่มต้นการ พัฒนาอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระ

ซึ่งการทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระนี้เป็นการทดลองที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้งแบบความเร่งคงที่ โดยกำหนดตัวแปรสำคัญของการทดลองคือกำหนดให้ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีค่าเป็นศูนย์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการกระจัดสามารถนำไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) ได้จากสูตรการตกอย่างอิสระ [3] ตามสมการที่ (1) ดังนี้

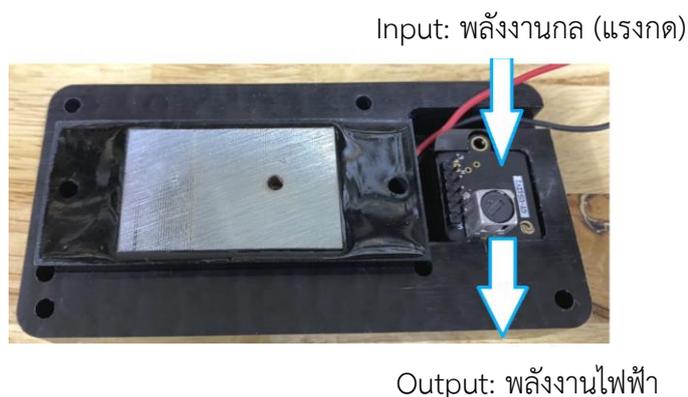
$$y = U_{y0} + 0.5 gt^2 \quad (1)$$

เมื่อ  $y$  คือการกระจัดของลูกเหล็กหล่นในแนวตั้ง (เมตร)  $U_{y0}$  คือความเร็วต้นของลูกเหล็กหล่นที่เวลาเริ่มต้น (เมตรต่อวินาที) ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเป็นศูนย์ และ  $t$  คือ เวลาของลูกเหล็กในอากาศ (วินาที) นอกจากนี้สามารถหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) โดยความชันของกราฟเส้นตรงจากความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับกำลังสองของเวลา ค่า  $0.5a_y$  หรือ  $0.5g$  ในสมการที่ (1) เท่ากับค่าความชันกราฟ (Slope) นำไปคำนวณหาค่า  $g$  ซึ่งจะได้ค่า  $g$  จากการทดลอง [4]

ซึ่งค่าความแม่นยำของชุดทดลองเกิดจากการเปรียบเทียบค่า  $g$  ที่ได้จากสูตรคำนวณโดยตรงและวิธีทางกราฟจากข้อมูลชุดทดลองกับค่า  $g$  มาตรฐาน วัดที่กรุงเทพมหานครโดยสถาบันมาตรวิทยา [5] จากแนวคิดดังกล่าวมาข้างต้น มีบริษัทต่างชาติที่จำหน่ายชุดอุปกรณ์การทดลอง พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเทียบกับการกระจัด โดยมีจุดเด่นในด้านเทคโนโลยีความแม่นยำของการตรวจวัดเวลา ซึ่งอุปกรณ์ที่นำมาช่วยในการตรวจวัดเวลาคือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดพกพา มีส่วนประกอบที่คล้ายกันคือหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ ส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และหน่วยแสดงผล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ของวัตถุ และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและแสดงข้อมูลของเวลาของการเคลื่อนที่ผ่านทางหน้าจอแสดงผล นอกจากนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลประมวลผล และควบคุมการทำงานจากแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟน โดยส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

ในปัจจุบันการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบการตกอิสระของวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ใช้การตรวจวัดเวลาแบบโซลินอยด์กับวงจรรนาฬิกาจับเวลาซึ่งเป็นแบบดั้งเดิม ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ตรวจวัดเวลาด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดแบบเปียโซอิเล็กทริก คือเมื่อมีแรงกดทับบนตัวตรวจวัด อุปกรณ์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่เกิดจากการกดทับนั้นไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของความคิดที่จะนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดการตกของวัตถุ คือเมื่อวัตถุตกกระทบแผ่นเปียโซอิเล็กทริก อุปกรณ์จะส่งกระแสไฟฟ้าออกมาทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าวัตถุตกถึงพื้นแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลออกมาเป็นค่าของเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีความเที่ยงตรงสูง รวมถึงเทคโนโลยีวัดการกระจัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอาศัยการสะท้อนของเสียง เมื่อวัตถุตกถึงพื้นแล้วสะท้อนกลับมาที่เดิม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลออกมาเป็นค่าการกระจัด

หลักการของการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระแบบใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการตกของลูกเหล็กกลมโดยอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริก วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material) คือ วัสดุเซรามิกคริสตอล หรือโพลิเมอร์ที่เมื่อได้รับแรงกดหรือแรงดึงจะเปลี่ยนรูปพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า และในงานวิจัย ๆ นี้ได้ประยุกต์นำอิเล็กโตแมกเนติกคอยล์จากรีเลย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าขั้วของรีเลย์ จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดูดวัตถุที่จะทำการทดลอง ซึ่งในที่นี้เป็นโลหะทรงกลม และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าออก สนามแม่เหล็กจะหายไปทำให้วัตถุตกลงมาได้ ซึ่งเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่รีเลย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้และเริ่มจับเวลา หลังจากวัตถุตกถึงพื้นสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับแบบเพียโซอิเล็กทริกจะส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหยุดเวลา ซึ่งการใช้ตัวตรวจวัดเวลาแบบเพียโซอิเล็กทริกจะมีประสิทธิภาพสูงและแม่นยำกว่าการจับเวลาแบบเดิม นอกจากนี้การวัดการกระจัดด้วยอุปกรณ์แบบอัลตราโซนิก ซึ่งใช้อุปกรณ์ส่งคลื่นเสียงไปกระทบพื้นและสะท้อนกลับมายังตัวรับคลื่นเสียงที่ติดตั้งอยู่ที่จุดปล่อยวัตถุ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลออกมาเป็นค่าการกระจัด โดยทั้งค่าเวลาและค่าการกระจัดจะแสดงผลบนกล่องควบคุมและบนสมาร์ตโฟน



**รูปที่ 1** การทำงานของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้า (Direct Effect)

จากข้อมูลทีกล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นที่มาของการพัฒนาอุปกรณ์การทดลองเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเพื่อศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยตัวตรวจวัดเวลาแบบดิจิทัล พร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน สมาร์ตโฟนสำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ โรงเรียนนายเรือ

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองทางฟิสิกส์และนำไปใช้วัดค่าเวลาและค่าการกระจัดของการตกอย่างอิสระของลูกเหล็กทรงกลม ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดเวลาและค่าการกระจัดแบบดิจิทัลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บนสมาร์ตโฟนสำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ โรงเรียนนายเรือ

2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากชุดทดลองกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มาตรฐานวัดที่กรุงเทพมหานครโดยสถาบันมาตรวิทยา

### 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดิเรก บุญธรรม [6] ได้ทำการศึกษาการตกอิสระของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์เปียโซอิเล็กทริก เริ่มจากการนำเทคนิคไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้คู่กับการออกแบบโดยใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนแทนการใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบแสงแสดงผลบนจอ ซึ่งพบว่าข้อดีของตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนดีกว่าตัวตรวจจับแบบแสงในแง่ของความเที่ยงตรงและความแม่นยำของช่วงเวลา เพื่อศึกษาการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยวิธีการตกอย่างอิสระ ผลการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ของการกระจัดกับกำลังสองของเวลา มีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น เมื่อนำความชันของกราฟมาคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกพบว่ามีความคลาดเคลื่อน 0.61% เมื่อเทียบกับค่าจริงที่ได้จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (National Institute of Metrology (Thailand)) เป็นค่าที่วัดหาค่า  $g$  ที่กรุงเทพฯ มีค่าคือ  $9.78297 \text{ m/s}^2$

อภิรักษ์ พันธุ์พนาสกุล [7] ได้พัฒนาระบบควบคุมเปิด - ปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟนโดยศึกษาการทำงานชุดควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและศึกษาลักษณะการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟนและได้มีการนำแอปพลิเคชัน Blynk มาใช้ในการตั้งค่าเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยสามารถตรวจสอบการเข้าใช้งานและการเรียกดูรายงานในแต่ละวันและย้อนหลังได้โดยการตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน Blynk การประเมินคุณภาพของระบบควบคุมเปิด - ปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟนมีการประเมิน 2 รูปแบบ คือการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องพบว่าประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาอยู่ในระดับที่ดี (คะแนนเฉลี่ย 4.05 จากคะแนนเต็ม 5) ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องมือโดยผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยรวมอยู่ในระดับดี (คะแนนเฉลี่ย 4.15 จากคะแนนเต็ม 5)

ชาริณี ชาญดนตรีกิจ และณัฐกร สืบบุก [8] ได้ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ ภาษา C/C++ สร้างเว็บไซต์มีการตอบสนองแบบ Real - time ด้วยเทคโนโลยี AJAX ออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบเน็ตเวิร์ค ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมผ่านหน้าเว็บเพจ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากการส่งผ่านหน้าเว็บเพจส่งไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราต้องการจะควบคุมและยังสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นได้

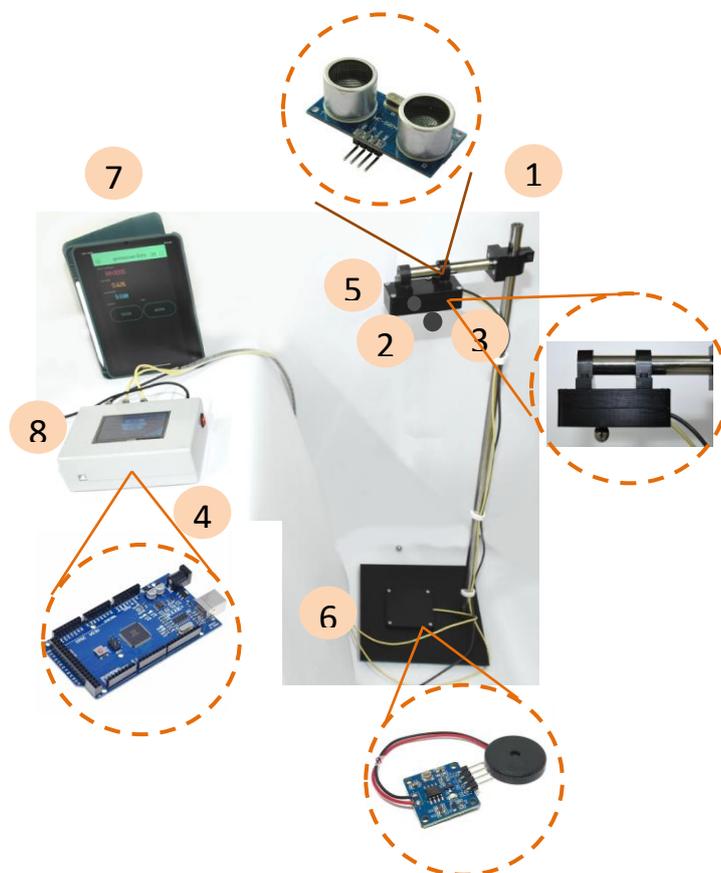
### 4. วิธีการดำเนินการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุดการทดลองการตกอิสระ หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด Arduino Mega2560 R3

#### 4.1 การสร้างชุดการทดลองดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 สร้างชุดทดลองการตกอิสระ เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกโดยใช้ Arduino Mega2560 R3

## (ก) อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดการทดลองตอกอิสระโดยใช้ Arudino

1. ขาตั้ง
2. ลูกเหล็กทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
3. Solenoid โมดูลสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Door Switch) รุ่น MC-3
4. Arduino รุ่น ATmega2560
5. Ultrasonic Module HC-SR04
6. Piezoelectric Shock Tap Sensor Vibration Switch Module
7. สมาร์ทโฟน (ระบบปฏิบัติการ IOS)
8. จอแสดงผล LCD แบบสี รุ่น Touch screen Nextion 4.3 นิ้ว

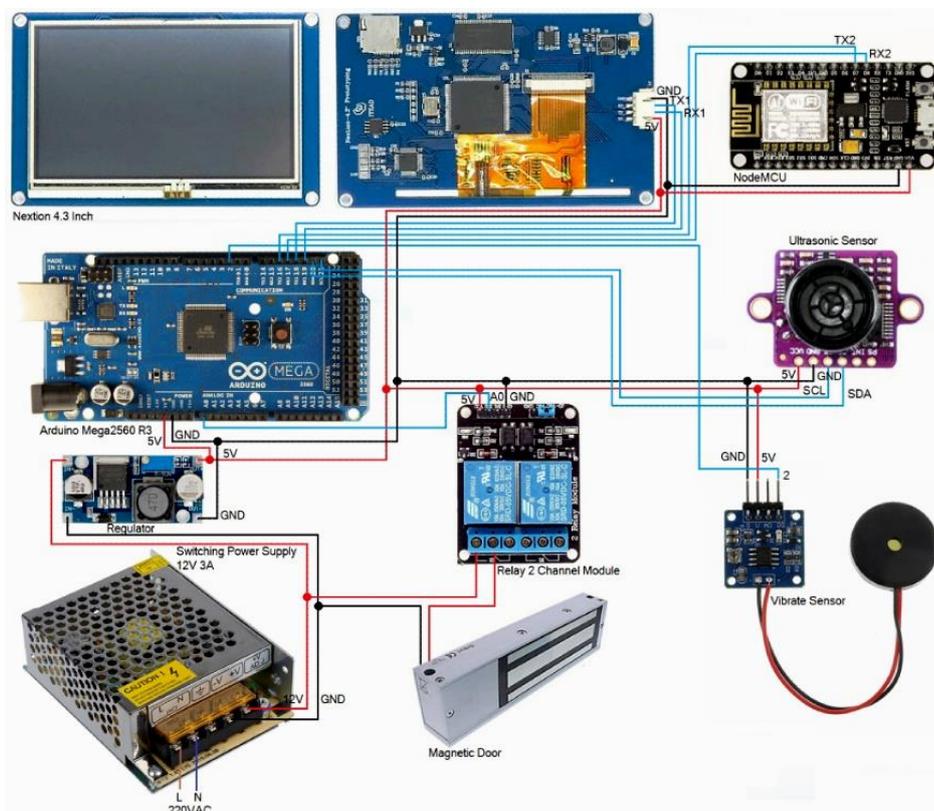
## (ข) ขั้นตอนการออกแบบ

อุปกรณ์ประกอบชุดทดลองมีดังนี้ รีเลย์ขนาด 5 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยลูกเหล็ก ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega2560 R3 ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและแสดงบนหน้าจอ มีความละเอียด 480 × 272 พิกเซล ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ 500 มิลลิแอมแปร์ อุปกรณ์สมาร์ตโฟนใช้ระบบปฏิบัติการ IOS อุปกรณ์แสดงผลบนจอทาง Serial ที่อัตราความเร็วในการสื่อสาร 9,600 บิตต่อวินาที และในแอปพลิเคชัน Blynk

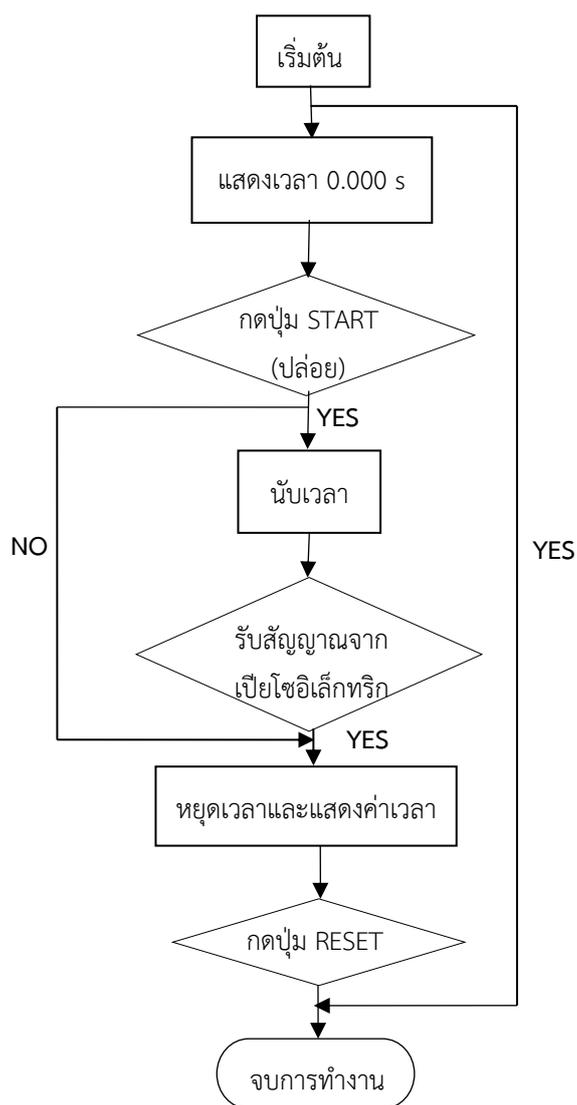
นอกจากนี้ยังประกอบด้วยตัวตรวจวัดการตกของวัตถุแบบสัมผัสเปียโซอิเล็กทริก รุ่น Piezoelectric Shock Tap Sensor Vibration Switch Module ปฏิบัติงานในช่วงแรงดัน 5 โวลต์ ผลิตแรงดันได้ไม่เกิน 12 โวลต์ และผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 แอมแปร์ โดยใช้แทนยี่ห้อวัตถุแบบเลื่อนได้เป็นตัวเปลี่ยนการกระจัด รีเลย์โมดูล สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Door Switch) รุ่น MC-38 ขนาด 27 × 14 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร Magnetic Door ทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยลูกเหล็ก โดยใช้บอร์ดรีเลย์ขนาด 12 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เปิด - ปิดวงจร และมีแหล่งจ่ายพลังงานขนาด 12 โวลต์ อุปกรณ์วัดระยะกระจัด Ultrasonic รุ่น HC-SR04 การทำงานจะส่งสัญญาณคลื่นเสียงความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่แรงดัน 5 โวลต์ ย่านระยะการกระจัดที่วัดได้ 2 – 400 เซนติเมตร ดังผังวงจรรูปที่ 3

### (ค) ขั้นตอนการสร้าง

วิธีการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระคือเชื่อมสายสัญญาณออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ กับรีเลย์เพื่อเป็นตัวสั่งให้เริ่มการทำงาน ส่วนของตัวสั่งให้หยุดการทำงานคือสัญญาณจากตัวตรวจวัดการตกของวัตถุแบบสัมผัสเปียโซอิเล็กทริกซึ่งจะส่งเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานและแสดงผลผ่าน 2 ช่องทาง คือจอแบบสัมผัสกับสมาร์ตโฟน การทำงานทั้งหมดนั้นทำงานภายใต้การสั่งที่โปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาที่ใช้ในการสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์คือภาษาซี ++ กระบวนการการทำงานของอุปกรณ์ติดตามการตกอิสระของวัตถุนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ผังการออกแบบชุดทดลองการตกอิสระควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4 แผงการออกแบบชุดทดลองการตกอิสระควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

## 4.2 ขั้นตอนการทดลอง

### 4.2.1 หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกโดยชุดทดลองการตกอย่างอิสระ

วิธีการทดลองโดยนักเรียนนายเรือจะนำลูกเหล็กทรงกลมมาติดกับรีเลย์ตามรูปที่ 1 จากนั้นกดปุ่มปล่อยวัตถุ (Start) บนกล่องควบคุมหรือเลือกกดบนสมาร์โฟนอย่างใดอย่างหนึ่งได้เช่นเดียวกันตามรูปที่ 4 ขณะลูกเหล็กกลมหล่นจากรีเลย์ วงจรนาฬิกาจับเวลาบนไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจับเวลาทันที กระทั่งลูกเหล็กกลมตกถึงพื้นตัวตรวจจับแบบ Piezo เล็กทรอนิกส์จะส่งสัญญาณหยุดวงจรรนาฬิกาจับเวลา ผลค่าเวลาและค่าการกระจัดจะแสดงทั้งบนหน้าจอกล่องควบคุมและบนหน้าจอสมาร์โฟนพร้อมกัน หากจะทดลองใหม่ให้เลือกกดเมนู Reset ก่อนทุกครั้งเพื่อทำการทดลองใหม่อีก 9 ระยะเวลา ตามตารางที่ 1 นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่า  $g$  จากสมการที่ 1 และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกับค่ามาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำของการทดลอง

#### 4.2.2 หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกจากความชันของกราฟ

นำข้อมูลในตารางที่ 1 ใช้ความสัมพันธ์กระจัดกับกำลังสองของเวลาพล็อตกราฟเส้นตรงตามรูปที่ 5 ความชันบนกราฟเส้นตรงนี้จะเท่ากับความชันในสมการที่ 1 คือ  $0.5g$  แล้วคำนวณหาค่า  $g$  ต่อไป



รูปที่ 5 การแสดงผลเวลาและการกระจัดบนจอภาพและบนจอสมาร์ทโฟน

### 5. ผลการวิจัย

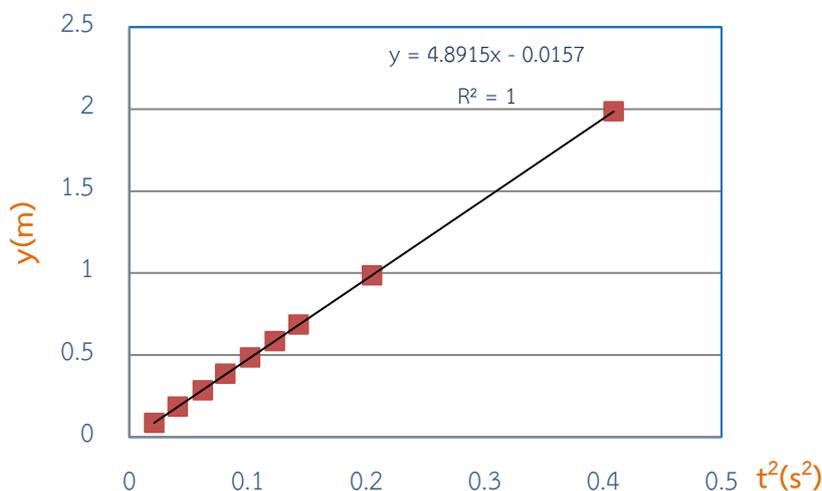
5.1 ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกโดยชุดทดลองการตกอย่างอิสระร่วมกับ Arduino แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตกอย่างอิสระที่ได้จากการวัดโดย Arduino

ระยะกระจัด $y$ (m)	เวลา $t$ (s)				$t_{av}^2$ (sec) <sup>2</sup>	$g$ (m/s <sup>2</sup> )
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_{av}$		
1.985	0.637	0.644	0.637	0.639	0.409	9.706
0.985	0.453	0.452	0.451	0.452	0.205	9.609
0.685	0.379	0.378	0.340	0.379	0.143	9.580
0.585	0.351	0.350	0.352	0.351	0.123	9.512
0.485	0.320	0.321	0.320	0.320	0.102	9.509
0.385	0.285	0.286	0.285	0.285	0.081	9.506
0.285	0.254	0.246	0.246	0.248	0.062	9.193
0.185	0.205	0.201	0.200	0.202	0.041	9.024
0.085	0.144	0.147	0.141	0.144	0.021	8.095
ค่า $g$ เฉลี่ย						9.310

หมายเหตุ: กระจัดคือระยะที่หักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกเหล็กกลม 1.50 เซนติเมตร

5.2 ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากกราฟจากผลการทดลองตามตารางที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดและกำลังสองของเวลาแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดและกำลังสองของเวลา

## 6. สรุปและอภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อใช้ศึกษาเรื่องการตกอย่างอิสระ โดยชุดทดลองนี้จะใช้การจับเวลาที่ลูกเหล็กกลมเคลื่อนที่ตกลงมารวมถึงการวัดระยะกระจัดที่ระยะต่างๆ แล้ววิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยสมการการตกอย่างอิสระและการเขียนกราฟเพื่อนำไปสู่การหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หลักการทำงานของชุดทดลองในการวัดระยะเวลาและที่ลูกเหล็กกลมตกลงมาใช้ตัวตรวจวัดแบบสัมผัสผู้วิจัยนำมาใช้ในการส่งสัญญาณให้เริ่มนับและหยุดเวลา และการวัดระยะกระจัดใช้ตัวตรวจวัดแบบอัลตราโซนิกอัตโนมัติ โดยจะทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดทดลองผ่านกล่องควบคุมและสมาร์ทโฟน

การทำงานและส่งข้อมูลที่วัดได้จะแสดงบนจอภาพของกล่องควบคุม และแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ทำให้นักเรียนนายเรือสามารถบันทึกค่าเวลาที่ลูกเหล็กใช้ในการเคลื่อนที่ตกลงมาได้ทันที และวิเคราะห์ผลค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกสะดวกยิ่งขึ้น ผลการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเฉลี่ยโดยชุดทดลอง ฯ ที่พัฒนาขึ้น พบว่าได้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกคือ  $9.310 \text{ m/s}^2$  เปรียบเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมาตรฐานที่กรุงเทพมหานคร ( $9.7829 \text{ m/s}^2$ ) ผลการทดลองพบว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดได้จากชุดทดลอง ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 4.83 หรือมีความแม่นยำร้อยละ 95.17 ตามลำดับและมีแนวโน้มลดลงที่ระยะมากกว่า 30 เซนติเมตร ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าชุดทดลอง ฯ ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้วัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้อย่างแม่นยำ

ดังนั้นชุดทดลอง ฯ ที่พัฒนาขึ้น กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ สามารถนำไปสร้างเป็นชุดทดลองให้นักเรียนนายเรือใช้ทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องการตกแบบอิสระได้ นอกจากนี้การนำ IOT มาประยุกต์ใช้กับชุดทดลองจึงสอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 โดยนักเรียนนายเรือสามารถเลือกทดลองผ่านสมาร์ทโฟนทั้งควบคุมและแสดงผลได้ด้วยตนเองที่ระยะเกินกว่า 2 เมตรขึ้นไป แทนกล่องควบคุมเพื่อลดโอกาสการสัมผัสและติดเชื้อ ฯ

ในการนำไปใช้มีข้อเสนอแนะที่ควรระวังเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ ดังนี้ ในส่วนของลูกเหล็กกลมควรมีขนาดมวลมากพอที่จะทำให้ตัวตรวจจับสัมผัสกันในทันทีที่ลูกเหล็กตกกระทบและระยะปล่อยตกควรสูงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าความคลาดเคลื่อนของสัญญาณในเครื่องมือวัดต่อค่าที่วัดได้ อีกทั้งการใช้ระบบอินเตอร์เน็ตมีข้อจำกัดตรงที่บางห้องไม่มีสัญญาณ ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้ แนะนำควรใช้ระบบบลูทูธเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนแทนเพื่อลดปัญหาเรื่องสัญญาณอินเตอร์เน็ต

### เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงเรียนนายเรือ [อินเทอร์เน็ต]. สมุทรปราการ: สำนักงาน; c2020 [เข้าถึงเมื่อ 25 เม.ย. 2565]. เข้าถึงได้ จาก: [https:// www.rtna.ac.th/download/education\\_63.pdf](https://www.rtna.ac.th/download/education_63.pdf)
- [2] สำนักงานการอุดมศึกษา [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน; c2019 [เข้าถึงเมื่อ 25 เม.ย.2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://op.chandra.ac.th/plan/images/pdf/plan20yrs%20education%2061-80.pdf>
- [3] ปิยพงษ์ สิทธิคง. ฟิสิกส์ 1 ระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: ท็อป; 2559.
- [4] Serway RA, Jewett JW. Physics for scientists and engineers. 9<sup>th</sup> ed. Belmont, CA: Brooks/Cole; 2012.
- [5] ทศนีย์ ไพรรี่รัมย์, ณัฐนันท์ วรเดช. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน; c2022 [เข้าถึงเมื่อ 24 เม.ย. 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.nimt.or.th/main/?p=21307& fbclid=IwAR2xzP44rY5B4oUBuNOPMLZG-855 - oNwS-NKnVTNY6>
- [6] ดิเรก บุญธรรม, สันติภาพ สระบัว, อภิชาติ พองปลา, อุดมเดช ภัคดี, ชุตติมา อุปถัมภ์. การพัฒนาอุปกรณ์ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์เปียโซอิเล็กทริก. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) [อินเทอร์เน็ต]. ม.ค.-มี.ค.2555 [เข้าถึงเมื่อ 24 เม.ย. 2565];21(1): 41-47. เข้าถึงได้จาก: <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/ 12118/10268>
- [7] อภิรักษ์ พันธุ์พัฒนาสกุล, ธิติรัตน์ ศรีระสันต์, ภูวนาท จันทร์ขาว, กนกรัตน์ จันทร์มโณ. การพัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟน. ใน: The 10<sup>th</sup> Hatyai National and International Conference. การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10 The 10<sup>th</sup> Hatyai National and International Conference; 12-13 ก.ค. 2562; สงขลา. [สงขลา]: [มหาวิทยาลัยหาดใหญ่]; 2562. น. 645-59.

- [8] ชาริณี ชาญดนตรีกิจ, ณิชฎการ สืบบุก. ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต [อินเทอร์เน็ต] [ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2553 [เข้าถึงเมื่อ 24 เม.ย. 2565]. เข้าถึงได้จาก:  
[http://www.hu.ac.th/conference/conference2019/proceedings\\_2019/FullText](http://www.hu.ac.th/conference/conference2019/proceedings_2019/FullText)