

การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้อาduino

Development of a Circular Motion Experiment Kit using Arduino

นุชนาฏ สุชาติพงศ์¹

Nutchanat Suchatpong¹

Received: April 25, 2024

Revised: May 25, 2024

Accepted: May 27, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำอาduinoมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมรัศมีคงที่ค่าหนึ่ง โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางกับความเร็วเชิงมุมของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร็วคงที่ การวัดค่าความเร็วเชิงมุมได้ใช้เซนเซอร์วัดความเร็วรอบรวมกับการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ดอาduinoและแสดงผลบนจอ Liquid Crystal Display (LCD) แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่ารัศมีวงกลม ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถวัดค่ารัศมีวงกลมได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีความคลาดเคลื่อน 2.87% แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ทดลองในการวัดค่ารัศมีวงกลมในการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้อย่างแม่นยำ

คำสำคัญ: ความเร็วเชิงมุม, ความเร่งสู่ศูนย์กลาง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, รัศมีวงกลม

¹นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ หลักสูตรฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹Scientist Professional level, Division of Physical Science, Faculty of Science Prince of Songkla University, Songkhla 90110

E-mail: nutchanat.su@psu.ac.th

Abstract

This research applies Arduino to develop an experimental setup for circular motion, which involves movement along the circumference of a circle with a constant radius. It leverages the relationship between centripetal force and the angular velocity of an object moving in a circle at a constant speed. The angular velocity is measured using a speed sensor in conjunction with a microcontroller on an arduino board and displayed on a Liquid Crystal Display (LCD) screen. The data is then analyzed to determine the circle's radius. The results show that the developed experimental setup can measure the circle's radius with an accuracy close to the actual value, with a margin of error of 2.87%. This demonstrates that the developed experimental setup can be used accurately for measuring the radius of a circle in studies of circular motion.

Keywords: Angular Velocity, Centripetal Acceleration, Microcontroller, Radius of circle

1. บทนำ

หลักสูตรฟิสิกส์ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีหน้าที่รับผิดชอบการศึกษารายวิชาฟิสิกส์ทั้งในรายวิชาทางทฤษฎีและรายวิชาปฏิบัติการ โดยมุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในหลักการและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสมตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์จึงควรใช้วิธีที่หลากหลายผสมผสานกันไป กิจกรรมการทดลองก็นับว่าเป็นวิธีการที่สำคัญมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีการปฏิบัติการทดลองควบคู่กันไปกับการเรียนทฤษฎีเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีรวมถึงทักษะการปฏิบัติการทางฟิสิกส์ ซึ่งการใช้ชุดการทดลองถือเป็นตัวเลือกหนึ่งในการเพิ่มผลการเรียนรู้ในการเรียนฟิสิกส์ได้ดี [1]

การสร้างชุดการทดลองทางฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาถูกโดยอาศัยงานวิจัยเพื่อเป็นองค์ความรู้และมีการถ่ายทอดองค์ความรู้เหล่านี้ให้กับบุคลากรทางการศึกษา มีส่วนขับเคลื่อนการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ให้พลเมืองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ในรูปแบบของ STEM หรือสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมใหม่ๆ ที่ไม่เฉพาะการสอนเพื่อทำข้อสอบ ครุมีโครงการทางวิทยาศาสตร์ไว้ให้เด็กได้เรียนรู้ โรงเรียนมีชุดการทดลองที่มีความเที่ยงตรง มีความทันสมัย ราคาถูก ที่เกิดจากการทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน สิ่งเหล่านี้สามารถตอบตัวชี้วัดของแผนการจัดการศึกษาแห่งชาติได้เป็นอย่างดี ซึ่งงานวิจัยนี้คำนึงถึงการนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม [2]

ปัจจุบันนักวิจัยรวมถึงผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์จำนวนมากได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำนวัตกรรมมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ ผู้วิจัยมีความรู้พื้นฐานแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ด้านบอร์ด Arduino [3] ซึ่ง Arduino เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างภายในชิพและมีส่วน

คือ 1) ราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ โมดูล Arduino ที่มีราคาถูกที่สุดสามารถประกอบได้ด้วยมือและแม้แต่โมดูล Arduino ที่ประกอบไว้ล่วงหน้าก็มีราคาถูก 2) ข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform) Arduino Software (IDE) ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows, Macintosh OSX และ Linux ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะสามารถใช้งานได้เพียงระบบปฏิบัติการ Windows 3) สภาพแวดล้อมการเขียนโปรแกรมที่เรียบง่ายและชัดเจน (Simple and Clear Programming Environment) Arduino Software (IDE) ใช้งานง่ายสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานและมีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับผู้ใช้งานขั้นสูง ในขณะที่การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในแพลตฟอร์มอื่น ๆ และมักจะเป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่ไม่สามารถแก้ไขได้ 4) ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สและส่วนขยาย (Open Source and Extensible Software) ซอฟต์แวร์ Arduino เป็นเครื่องมือโอเพนซอร์สซึ่งสามารถใช้ได้กับผู้เริ่มต้นใช้งานไปจนถึงโปรแกรมเมอร์ที่มีประสบการณ์ ภาษานี้สามารถขยายได้ผ่านไลบรารี (Library) ภาษา C/C++ 5) ฮาร์ดแวร์โอเพนซอร์สและฮาร์ดแวร์ที่ต่อขยายเพิ่มเติม (Open Source and Extensible Hardware) แผนผังของบอร์ด Arduino ได้รับการเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ผู้เริ่มต้นใช้งานหรือผู้ออกแบบวงจรที่มีประสบการณ์สามารถสร้างโมดูลของตัวเองขยายและปรับปรุงได้ [4]

สำหรับรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานเป็นรายวิชาที่สอนให้กับนักศึกษาหลายคณะด้วยกัน ชุดทดลองส่วนใหญ่ยังล้าสมัย อีกทั้งอุปกรณ์บางอย่างต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อลดรายจ่ายและเพื่อตอบสนองต่อนโยบายด้านเศรษฐกิจพอเพียง ผู้วิจัยจึงสนใจนำบอร์ด Arduino มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลองสำหรับเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์ ในชุดทดลองกลศาสตร์ฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมแบ่งได้เป็น 2 แบบย่อย คือ การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมไม่สม่ำเสมอ โดยในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานได้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอซึ่งเป็นการเคลื่อนที่โดยที่ความเร็วของวัตถุตามแนวเส้นรอบวงมีขนาดคงที่ แสดงให้เห็นว่าความเร่งตามแนวนี้มีค่าเป็นศูนย์ แต่เนื่องจากทิศทางของความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงแสดงให้เห็นถึงการมีอยู่ของความเร่ง โดยความเร่งที่ว่านี้จะต้องมีทิศตั้งฉากกับแนวเส้นรอบวงเท่านั้นซึ่งก็คือทิศตามแนวรัศมีวงกลมนั่นเอง ซึ่งความเร่งขณะใดขณะหนึ่งที่มีทิศตั้งฉากกับความเร็วตามแนวเส้นรอบวงหรือขนานกับแนวรัศมีในลักษณะที่ชี้เข้าหาจุดศูนย์กลางการเคลื่อนที่ตลอดเวลาจึงสามารถเรียกความเร่งนี้ได้ว่า ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (a_c) สำหรับการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอขนาดของความเร่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) เมื่อ ω คือความเร็วเชิงมุม และ r คือรัศมีวงกลม

$$a_c = \omega^2 r \quad (1)$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลางกับกำลังสองของความเร็วเชิงมุม ในสมการที่ (1) จึงสามารถวิเคราะห์หาค่ารัศมีวงกลมของการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้ [5]

ปัจจุบันการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมของรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน ใช้วิธีการจับเวลาด้วยนาฬิกาแล้วนำมาคำนวณหาค่าคาบในการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมเพื่อนำมาคำนวณหาความเร็วเชิงมุมซึ่งมีความซับซ้อนหลายขั้นตอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับวัดค่าความเร็วเชิงมุมในการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร็วรอบของวัตถุแล้วส่งสัญญาณไปยังบอร์ดอาดูยโน้เพื่อแปลงผลสัญญาณออกมาเป็นค่าความเร็วเชิงมุมและแสดงผลบนจอ LCD ซึ่งอุปกรณ์นี้จะช่วยลดขั้นตอนในการทดลองและให้ได้ผลการทดลองที่มีความแม่นยำมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมและความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางกับความเร็วเชิงมุม
- 2.2 เพื่อออกแบบชุดทดลองสำหรับวัดค่าความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีระ บุญผุด [6] ได้พัฒนาชุดทดลองการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยตัวตรวจวัดเวลาแบบดิจิทัลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน Smartphone โดยใช้ตัวตรวจวัดเปียโซอิเล็กทริกวัดค่าเวลาและใช้ตัวตรวจวัดอัลตราโซนิกวัดค่าการกระจัดรวมกับการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino Mega2560 R3 ควบคุมและแสดงผลอัตโนมัติบนจอภาพชนิดสัมผัส อีกทั้งยังใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งควบคุมและแสดงผลบนสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันบลิงค์ จากการศึกษาพบว่าค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดได้จากชุดทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานโดยมีความแม่นยำถึงร้อยละ 99.51

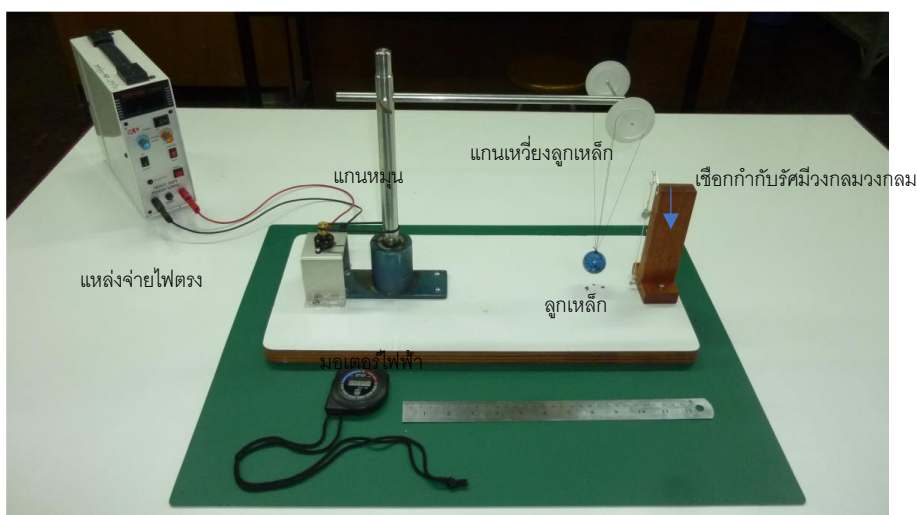
ศุภกานต์ แก้วเหลียม และคณะ [7] ได้ออกแบบระบบร่นน้ำแปลงผักอัตโนมัติผ่านเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและส่งสัญญาณข้อมูลกลับไปยังตัวรับสัญญาณโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ดอาดูยโน้) ในการควบคุมการทำงาน โดยการติดตั้งเซนเซอร์ในบริเวณแปลงเพาะปลูกจำลอง 2 แปลง สำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน จากนั้นส่งค่าการตรวจวัดผ่านโมดูลสื่อสารแบบมีสายไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลว่าควรจ่ายน้ำหรือไม่ โดยผ่านเงื่อนไขของความชื้น 70% ในการควบคุมให้ระบบจ่ายน้ำเพื่อรดน้ำ หากความชื้นต่ำกว่า 70% ระบบจะจ่ายน้ำเพื่อรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติและเมื่อความชื้นมากกว่า 70% ระบบจะหยุดจ่ายน้ำ โดยค่าความชื้นที่วัดได้จะถูกส่งไปเก็บที่โมดูลเอสดีการ์ดเพื่อไปวิเคราะห์ผลการทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความชื้นในดินได้ดีที่สุดที่ 69.99% มีความคลาดเคลื่อน 0.000948% และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04

Wissarut and *et.al* [8] ได้ประยุกต์ใช้อาดูยโน้ในการวัดค่ายังโมดูลัสในไม้บรรทัดเหล็กโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้วส่งสัญญาณไปยังบอร์ดอาดูยโน้เพื่อประมวลผลและแสดงผลเป็นค่าความถี่บนจอ LCD ซึ่งผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่ายังโมดูลัสได้ 227 ± 14 GPa โดยที่ค่ายังโมดูลัสของสแตนเลสมีค่าประมาณ 200 GPa ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่วัดได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมาก

Nutchanat S. and Vitchuda S. [9] ได้ประยุกต์ใช้อาduino ในการวัดค่าความถี่การแกว่งของวัตถุฟิสิกส์เพนดูลัมโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้วส่งสัญญาณไปยังบอร์ดอาduino เพื่อประมวลผลและแสดงผลบนจอ LCD โดยพบว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าความถี่ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงทางทฤษฎี มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 2.5%

4. วิธีดำเนินการศึกษา

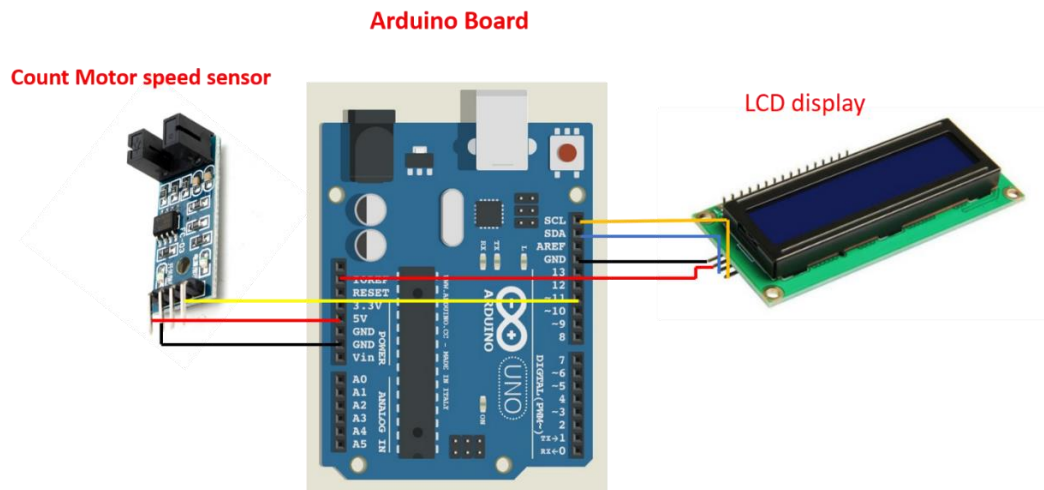
งานวิจัยนี้ได้นำชุดทดลองและอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการมาประยุกต์ใช้งานดังรูปที่ 1 ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ ทำหน้าที่จ่ายไฟเพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อมอเตอร์หมุนสายพานจากแกนของมอเตอร์จะจุดให้แกนหมุนเกิดการหมุนตามมา ด้านบนของแกนมีแขนปรับระยะได้สอดอยู่เพื่อปรับรัศมีการหมุนให้มีค่าต่าง ๆ กัน โดยปลายแขนด้านหนึ่งจะแขวนลูกเหล็กเอาไว้เมื่อแกนหมุนมีการหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ลูกเหล็กจะถูกเหวี่ยงออกไปและเคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอ ในห้องปฏิบัติการจะใช้วิธีการจับเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้วนำมาคำนวณหาค่าความเร็วเชิงมุมและความเร่งสู่ศูนย์กลางต่อไป



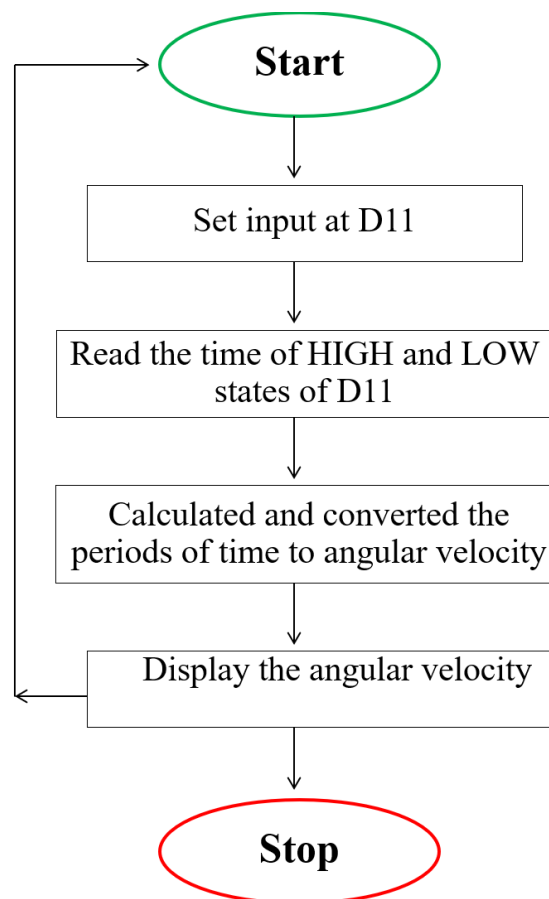
รูปที่ 1 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

4.1 การออกแบบอุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

อุปกรณ์สำหรับวัดค่าความเร็วเชิงมุมในงานวิจัยนี้ออกแบบโดยการใช้ เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ (Count Motor Speed Sensor) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับและส่งสัญญาณเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ โดยสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังบอร์ดอาduino (Arduino Board) เพื่อประมวลผลและแสดงผลที่ได้บนหน้าจอแสดงผล (LCD Displays) ดังรูปที่ 2 โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 3



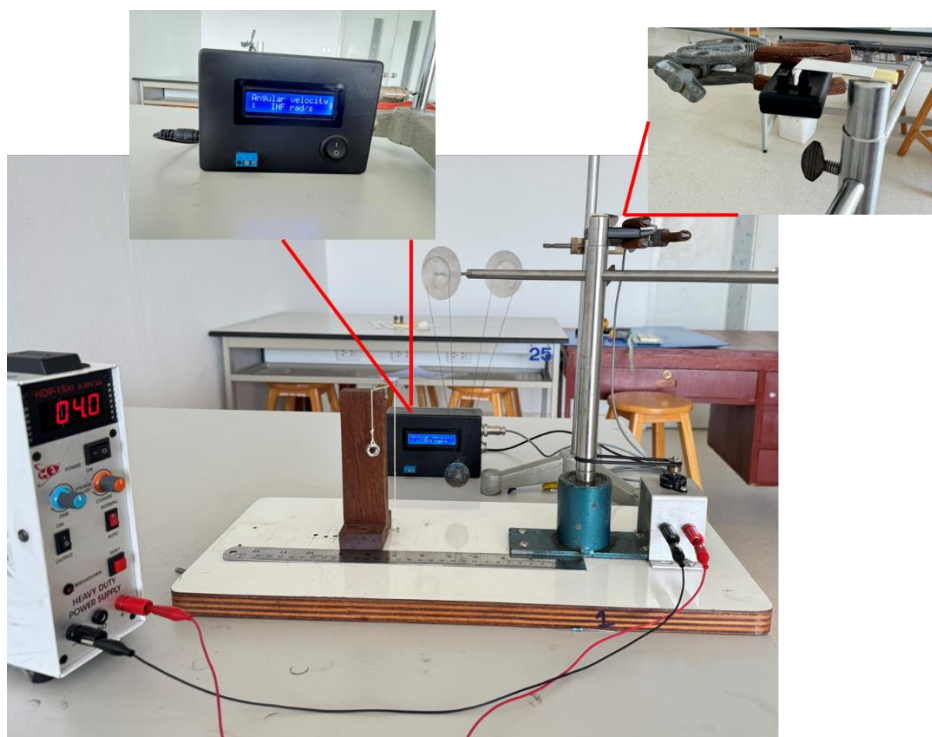
รูปที่ 2 แผงการออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

4.2 การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยชุดทดลอง

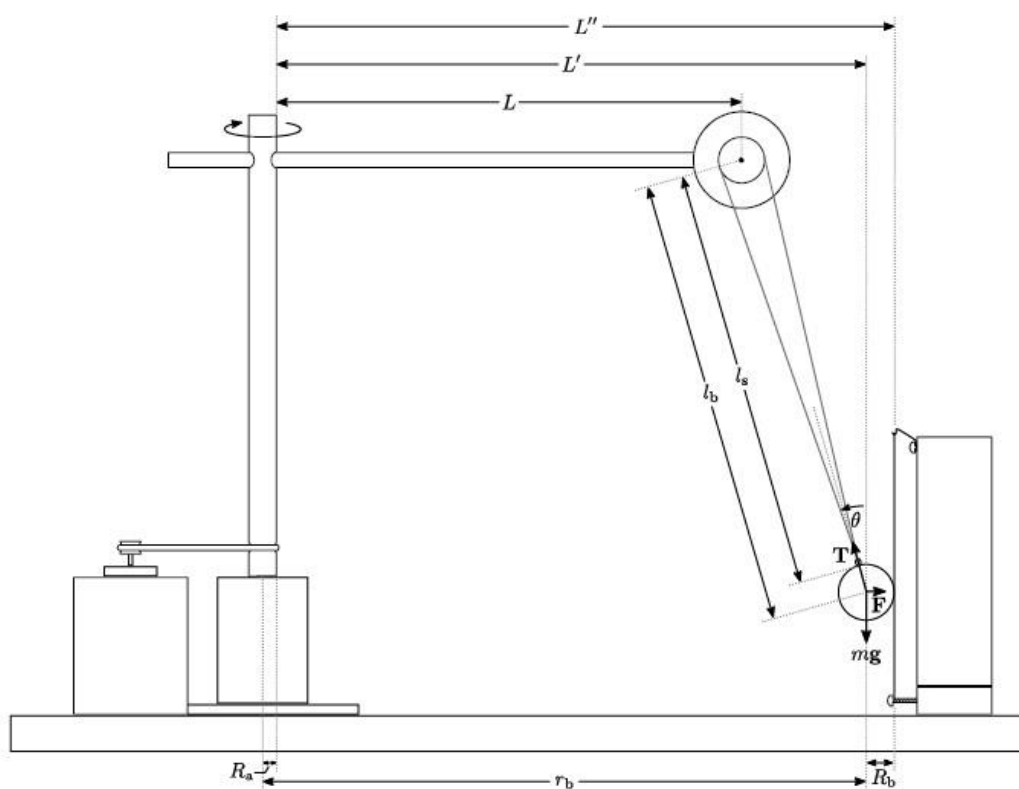
วิธีการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมผู้วิจัยได้ติดตั้งเซนเซอร์วัดความเร็วรอบในการเคลื่อนที่แบบวงกลมของชุดทดลองดังรูปที่ 4 โดยเมื่อแกนหมุนมีการหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ลูกเหล็กถูกเหวี่ยงออกไปและเคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอซึ่งเราได้กำหนดรัศมีของวงกลมให้เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งโดยอาศัยเชือกกำกับระยะเมื่อลูกเหล็กเคลื่อนที่สัมผัสเชือกกำกับระยะและแกนหมุนเคลื่อนที่ตัดผ่านเซนเซอร์วัดความเร็วรอบแล้วค่าความเร็วเชิงมุมจะแสดงบนหน้าจอแสดงผล



รูปที่ 4 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยการประยุกต์ใช้ฮาร์ดแวร์

ในส่วนค่าความเร่งสู่ศูนย์กลางนั้นเราสามารถหาได้โดยวิธีการวัดทางอ้อมด้วยการคำนวณจากมุมที่ลูกเหล็กเบนไปจากแนวตั้ง ซึ่งเมื่อจากรูปที่ 5 แรงที่กระทำกับลูกเหล็กประกอบด้วยแรงโน้มถ่วง (mg) แรงสู่ศูนย์กลาง (F) และแรงตึงเชือก (T) เมื่อการเหวี่ยงของลูกเหล็กอยู่ในสถานะสมดุล (เหวี่ยงด้วยรัศมี (r) คงที่) สามารถหาความเร่งสู่ศูนย์กลางได้จากสมการ $a = g \tan \theta$ โดยใช้ค่า $g = 9.781 \text{ m/s}^2$ ซึ่งเป็นค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่จังหวัดสงขลาโดยสถาบันมาตรวิทยา ส่วนค่าแทนเจนต์ของมุม θ สามารถหาได้ตามสมการที่ 2

$$\tan \theta = \left(\frac{L' - L}{\sqrt{l_b^2 - (L' - L)^2}} \right) \quad (2)$$



รูปที่ 5 แรงที่กระทำกับลูกเหล็กขณะถูกเหวี่ยงเป็นวงกลม

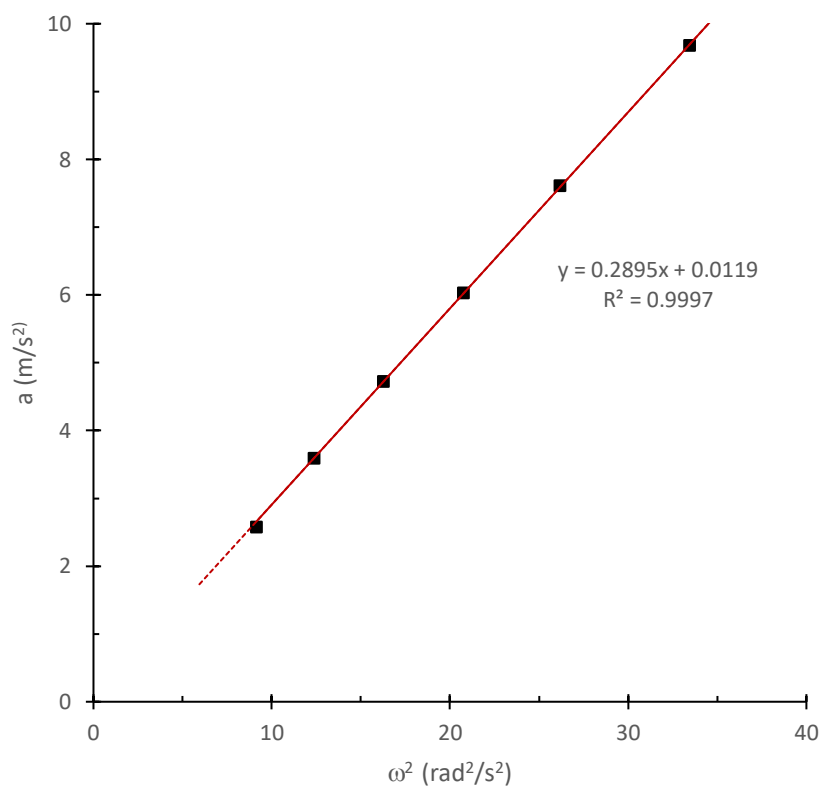
ดังนั้นเมื่อปรับความยาวแกนเหวี่ยง (L) ลูกเหล็กก็จะเบนไปจากแนวตั้งที่มุมต่าง ๆ กัน ส่งผลให้ความเร็วเชิงมุมมีค่าต่างกันด้วย งานวิจัยนี้ได้ปรับความยาวแกนเหวี่ยง 8 ระยะ โดยแต่ละระยะได้บันทึกผลค่าความเร็วเชิงมุม 3 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลางกับความเร็วเชิงมุมยกกำลังสองเพื่อหาค่ารัศมีวงกลม (r) ของการเคลื่อนที่แบบวงกลมต่อไป แล้วเปรียบเทียบกับค่าจริงในรูปเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

5. ผลการวิจัย

จากการใช้ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้อาตุโนในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลางกับกำลังสองของความเร็วเชิงมุมแสดงดังตาราง และสามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 6 โดยค่าความชันของกราฟที่ได้คือค่ารัศมีวงกลม (r) ของการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งจากผลการทดลองสามารถนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้จาก $\left| \frac{r-r_b}{r_b} \right| \times 100$ โดยที่ r คือ รัศมีวงกลมที่ได้จากการทดลอง r_b คือ รัศมีวงกลมค่าจริง

ตาราง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลางกับความเร็วเชิงมุมจากการวัดโดย Arduino

L (cm)	ω (rad/s)					ω^2 (rad ² /s ²)	σ_{ω^2} (rad ² /s ²)	a (m/s ²)
	ω_1	ω_2	ω_3	Avg.	SD			
22	3.019	3.022	3.030	3.024	0.006	9.143	0.034	2.579
20	3.526	3.508	3.519	3.518	0.009	12.374	0.064	3.596
18	4.042	4.016	4.044	4.034	0.016	16.273	0.126	4.725
16	4.573	4.534	4.560	4.556	0.020	20.754	0.181	6.029
14	5.133	5.102	5.118	5.118	0.016	26.191	0.159	7.613
12	5.773	5.793	5.789	5.785	0.011	33.466	0.122	9.682
10	6.563	6.569	6.598	6.577	0.019	43.253	0.246	12.707
8	7.952	7.947	7.962	7.954	0.008	63.261	0.121	18.214



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลางกับกำลังสองของความเร็วจึงมุม

6. สรุปและอภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้แอduinoเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร่งสู่ศูนย์กลางกับความเร็วเชิงมุม พบว่าการใช้แอduinoในการวัดค่าความเร็วเชิงมุมจากชุดทดลองนี้ช่วยลดขั้นตอนการทดลองได้มากและเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่ารัศมีวงกลมของการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้เท่ากับ 28.95 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับค่าจริงคือ 28.14 เซนติเมตร พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเพียง 2.87% หรือมีความแม่นยำร้อยละ 97.13 ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์เป็นอย่างมากทั้งในระดับมัธยมและระดับมหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้แอduinoไปใช้ในห้องปฏิบัติการคือความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องมีขนาดของความเร็วที่ทำให้เซนเซอร์จับสัญญาณได้ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการเลือกมอเตอร์และแหล่งจ่ายไฟตรงให้มีความเหมาะสมกับเซนเซอร์ที่เลือกใช้ด้วย อีกทั้งการแสดงผลการทดลองยังสามารถใช้ระบบแสดงผลอื่น ๆ ได้ แนะนำการใช้โปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT เพื่อความทันสมัยเป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [อินเทอร์เน็ต]. สงขลา: สำนักงาน; 2566. [เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2567] เข้าถึงได้จาก: <https://www.sci.psu.ac.th/academic-programs/bachelors-degree/bachelor-of-science-physics/>
- [2] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.); 2562. สะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21; 2562 [ปรับปรุงเมื่อ 28 ก.พ. 2562; เข้าถึงเมื่อ 23 เมษายน 2567]; [ประมาณ 1 น.]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.scimath.org/article-stem/item/9112-21>
- [3] เอกพงศ์ บัวชุม, สุระ วุฒิพรหม, ธนิตา สุจริตธรรม. การพัฒนาเครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์ด้วยแพลตฟอร์ม Arduino วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา [อินเทอร์เน็ต]. ม.ค.-มิ.ย. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 23 เมษายน 2567];3(1):98-104. เข้าถึงได้จาก: <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/230418>
- [4] ปริญญา สาเพชร. การใช้บอร์ด Arduino ร่วมกับ LabVIEW สำหรับชุดทดลองทางกลศาสตร์. Thai Journal of Physics [อินเทอร์เน็ต]. 2019 [เข้าถึงเมื่อ 23 เมษายน 2567];36(2):55-61. เข้าถึงได้จาก: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/ThaiJPhys/article/view/240869>
- [5] กลุขดา รวีศรีวัฒนา. การเคลื่อนที่แบบวงกลม [เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2566].
- [6] วีระ บุญผุด. การพัฒนาชุดทดลองการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกด้วยตัวตรวจวัดเวลาแบบดิจิตอลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน Smartphone สำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์โรงเรียนนายเรือ. วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [อินเทอร์เน็ต]. ม.ค.-ธ.ค.2565 [เข้าถึงเมื่อ 23 เมษายน 2567];5(1):158-169. เข้าถึงได้จาก: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rtna/article/view/248299>

- [7] ศุภกานต์ แก้วเหลี่ยม, สุคนธ์ พันธุ์เณร, ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์. ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการให้น้ำพืชผัก. วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือดำนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [อินเทอร์เน็ต]. ม.ค.– ธ.ค. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 23 เม.ย. 2567];6(1):64-75. เข้าถึงได้จาก:<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rtna/article/view/252304>
- [8] Wissarut P, Suttida R, Singha P. Young's modulus determination for a vibrated metal ruler using Arduino. Phys Educ [Internet]. 2022 Jul;57(4): 7 pp. Available from: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022PhyEd..57d5023P/abstract>
- [9] Nuchanat S, Vitchuda S. Photogate sensor for compound physical pendulum experiments. J Phys Conf Ser [Internet]. 2018 Dec;1144(1):012127. Available from: https://www.researchgate.net/publication/329723975_Photogate_sensor_for_compound_physical_pendulum_experiments