# การพัฒนาชุดทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน

**ชาญวิทย์ คำเจริญ[1*] และขวัญหทัย กวดนอก[2]**

[1]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ [2]สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[*]E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

**รับบทความ: 11 ตุลาคม 2565 แก้ไขบทความ: 2 มีนาคม 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 18 มีนาคม 2566**

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาชุดทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน ชุดการทดลองดังกล่าวให้เซนเซอร์วัดความเร่ง และติดตั้งแอปพลิเคชัน PHYPHOX เพื่อตรวจวัดค่าความเร่งในการแกว่งของลูกตุ้ม ในการทดลองใช้ความยาวเส้นเชือกตั้งแต่ 0.6–2.9 เมตร สามารถคำนวณค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ 9.71 เมตรต่อวินาที$^2$ และมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.72 เมื่อเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ที่จังหวัดเชียงใหม่ (9.78 เมตรต่อวินาที$^2$) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เซนเซอร์บนสมาร์ต-โฟนสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูง นอกจากนี้ได้นำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนไปใช้ในการทดลองหาค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์เรื่อง ลูกตุ้ม ได้ผลของความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่า ชุดทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน

**คำสำคัญ:** เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน ปฏิบัติการฟิสิกส์ออนไลน์ ลูกตุ้มอย่างง่าย

Authorproof

# Development of Pendulum in Online Fundamental Physics Laboratory by Smartphone Sensor Application

**Chanwit Kamcharean[1*] and Kuanhathai Kuadnok[2]**

[1]Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, and
[2]Program Study of Business English, Faculty of Humanities and Social Science,
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300, Thailand
[*]E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

**Received: 11 October 2022 Revised: 2 March 2023 Accepted: 18 March 2023**

**Abstract**

This research presented the development of pendulum in online fundamental physics laboratory by smartphone sensor application. This experimental set using acceleration sensor was downloaded the PHYPHOX application to detect the pendulum acceleration. This study was used the 0.6–2.9 m of pendulum longs. The results of this research had revealed that acceleration due to gravity by using smart phone sensor is 9.71 m/s$^2$ with the error, compared to the gravity of earth at Chiang Mai (9.78 m/s$^2$) within 0.72%. It was found that the smartphone sensors are reliable and high accurate enough to permit good measurement. In addition, the satisfaction survey of the usefulness of smartphone sensor was excellent. It was shown that the smartphone sensor serves as a suitable tool for fundamental physics laboratory.

**Keywords:** Smartphone sensor, Online fundamental physics, Simple pendulum

## บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีและระบบซอฟต์แวร์ของสมาร์ตโฟนมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว สมาร์ต-โฟนสามารถทำงานได้มากกว่าการสื่อสารด้วยเสียง หรือการส่งข้อความ เพราะในสมาร์ตโฟนมีส่วนประกอบที่เป็นเซนเซอร์หลากหลายชนิด เช่น เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่ง เซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสง เซนเซอร์ตรวจจับเสียง นอกจากนี้ยังพัฒนาแอปพลิเคชันทำงานร่วมกับเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน ซึ่งความสามารถของเซนเซอร์ขึ้นอยู่กับรุ่น หรือยี่ห้อของสมาร์ตโฟน ส่งผลให้มีการแข่งขันในการพัฒนาเซนเซอร์และแอปพลิเคชัน ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนประยุกต์ใช้กับการทดลองทางฟิสิกส์อย่างหลากหลาย เช่น Vogt and Kuhn (2012) ได้ทดลองใช้เซนเซอร์วัดความเร่งจากสมาร์ตโฟน ในการทดลองเรื่องการแกว่งของลูกตุ้ม โดยใช้สมาร์ตโฟนเป็นลูกตุ้ม และใช้ซอฟต์แวร์ SPARKvue2 ร่วมกับ



Authorproof

ระบบปฏิบัติการในโทรศัพท์ทั้งระบบไอโอเอส และระบบแอนดรอยด์ โดยค่าที่วัดได้จากสมาร์ตโฟนจะถูกส่งออกไปยังโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลบนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าแรงโน้มถ่วง และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแกว่งของลูกตุ้ม ซึ่งข้อมูลที่ได้มีความละเอียดสามารถนำไปวิเคราะห์ผลและปรับปรุงการสอนตลอดจนยังสร้างความน่าสนใจให้แก่ผู้เรียนอีกด้วย Castro–Palacio *et al*. (2013) ทดลองเกี่ยวกับการสั่นของฮาร์มอนิกแบบอิสระและแบบแดมป์ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร็วของสมาร์ตโฟน และแอปพลิเคชันวัดความเร่ง จากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ค่าที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา ความถี่ และค่าคงที่สปริง มีความสอดคล้องกับการวัดด้วยการทดลองแบบเดิม แต่การใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังศึกษาการสั่นแบบแดมป์ ซึ่งผลการทดลองสามารถหาค่าคงที่การหน่วงเชิงเส้นได้อย่างแม่นยำ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร็วของสมาร์ตโฟนมาประยุกต์ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์ Kuhn and Vogt (2013) กล่าวถึงความสามารถของสมาร์ตโฟนในการใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองทางฟิสิกส์ โดยรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ในการใช้เซนเซอร์วัดความเร่งโน้มถ่วงซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการทดลอง สมาร์ตโฟนจึงเป็นเครื่องมือใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดลองทางฟิสิกส์ เพราะสมาร์ตโฟนมีเซนเซอร์พื้นฐานติดตั้งไว้แล้ว เช่น เซนเซอร์เสียง ไมโครโฟน เซนเซอร์ความเร่ง เซนเซอร์วัดความเข้มแสง GPS ซึ่งการพัฒนาทางเทคนิคของสมาร์ตโฟนยังช่วยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ในบทเรียนฟิสิกส์ได้ดีขึ้นและยังมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนอีกด้วย

González *et al*. (2014) กล่าวถึงการใช้แอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ ตลอดจนความสามารถของสมาร์ตโฟนในการช่วยจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาที่หลากหลาย ใช้ในการสร้างแบบทดสอบประเมินตนเอง ใช้ในการแสดงแบบจำลองเสมือนจริง นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถเข้าใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนฟิสิกส์เป็นอย่างมาก สมาร์ตโฟนยังเป็นอุปกรณ์ทดลองที่หาได้ง่าย สะดวก และบางครั้งกลายเป็นเครื่องมือทดลองที่สามารถทดแทนอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีราคาแพงกว่าได้ ผู้เรียนยังสามารถใช้เซนเซอร์สมาร์ตโฟนในกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อทำความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีที่ได้เรียนรู้กับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังได้สำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สมาร์ตโฟนในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผลการสำรวจพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นว่า การใช้สมาร์ตโฟนมีส่วนส่งเสริมการเรียนรู้เป็นอย่างมาก แอปพลิเคชันเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ได้อีกด้วย Ballester *et al*. (2015) กล่าวถึงการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการทดลองประกอบการเรียนการสอนฟิสิกส์ในหลายระดับชั้น มีการใช้งานเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทศวรรษที่ผ่านมา การทดลองหลายการทดลองได้ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนและการวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การใช้วิดีโอที่บันทึกโดยสมาร์ตโฟน ในการใช้วัดช่วงเวลา ระยะทาง และวิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุ นอกจากนี้

Authorproof

แล้วยังนำมาใช้ประกอบการสอนฟิสิกส์ และพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษาอีกด้วย Teeka (2017) ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ เริ่มจากการอธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่าความเร่ง วัดการเคลื่อนที่แบบหมุน และการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนเป็นเครื่องมือวัดในการทดลองฟิสิกส์กลศาสตร์ เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือสูง นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดการหมุนของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างหลากหลายสาขาทั้งการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และทางการแพทย์ โดยเฉพาะการนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือวัดในการทดลองทางฟิสิกส์เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มที่ผู้วิจัยให้ความสนใจเนื่องจากปัญหาเรื่องการจัดซื้ออุปกรณ์หรือเซนเซอร์ในการวัดที่มีความแม่นยำสูงนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ประกอบกับช่วงที่มีการระบาดของไวรัส COVID–19 ทำให้การเรียนการสอนต้องปรับให้อยู่ในรูปแบบออนไลน์ จากงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปแนวทางการนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการทดลองเรื่องลูกตุ้มดังในตาราง 1

**ตาราง 1** แนวทางในการนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมาใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์

| ที่ | ชื่อเรื่อง | รายละเอียด | อ้างอิง |
|---|---|---|---|
| 1 | Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4 | - ใช้เซนเซอร์ ใน iphone 4 ร่วมกับโปรแกรมจับการเคลื่อนที่ motion tracking MEMS (micro electro mechanical system) เพื่อจับหาคาบการแกว่งของเครื่องเล่นเรือไวกิ้ง ที่มีรัศมีการแกว่ง 11.5 m ได้คาบ = 6.8 s | Pendrill and Rohlén (2011) |
| 2 | Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor | - ใช้เซนเซอร์ในสมาร์ตโฟน จับเวลาในการแกว่งของลูกตุ้ม ทำงานร่วมกับโปรแกรม SPARKvue2 software สำหรับไอโฟนหรือไอพอด และโปรแกรม Accelogger3 สำหรับสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดย ส่งออกข้อมูลออกมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม spreadsheet ได้คาบการแกว่งของลูกตุ้มที่มีความยาว 1.15 m เท่ากับ 2.15 s | Vogt and Kuhn (2012) |
| 3 | Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone | - ใช้เซนเซอร์ในไอโฟนหรือไอพอด จับเวลาในการแกว่งของลูกตุ้ม ทำงานร่วมกับโปรแกรม SPARKvue ของบริษัท PASCO scientific ส่งข้อมูลจากแอปพลิเคชันผ่านอีเมล์โดยส่งออกข้อมูลออกมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม spreadsheet ได้คาบการแกว่งของลูกตุ้มที่มีความยาว 0.675 m เท่ากับ 1.67 s | Briggle (2013) |
| 4 | Pendulum experiments with three modern electronic devices and a modeling tool | - ใช้อุปกรณ์ 3 ชนิดคือ Arduino สมาร์ตโฟน และ Lego Mindstorms NXT ในการทดลองหาคาบการแกว่งของลูกตุ้ม | Wong *et al.* (2015) |

Authorproof

**ตาราง 1** แนวทางในการนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมาใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์ (ต่อ)

| ที่ | ชื่อเรื่อง | รายละเอียด | อ้างอิง |
|---|---|---|---|
| | | - เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองแล้วพบว่าข้อมูลจาก Arduino มีความแม่นยำที่สุด รองลงมาคือ สมาร์ต-โฟน และ LEGO Mindstorm NXT | |
| 5 | A simple pendulum–based measurement of g with a smartphone light sensor | - ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสงบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รวมกับโปรแกรม Physics Toolbox Sensor Suites ส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในรูปของ spreadsheet<br>- ค่า $g$ จากการทดลองได้ = 9.72 m/s$^2$ | Pili and Violanda (2018) |
| 6 | Sound-based measurement of g using a door alarm and a smartphone: listening to the simple pendulum | - ใช้สวิตซ์แม่เหล็กในประตูอัตโนมัติ รับสัญญาณเมื่อลูกตุ้มที่ติดแม่เหล็กเอาไว้ แกว่งผ่าน ส่งสัญญาณสนามแม่เหล็กไปที่แผงบอร์ด แล้วใช้เซนเซอร์จากสมาร์ตโฟนเป็นตัวรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้แอปพลิเคชัน PHYPHOX ส่งผ่านข้อมูลออกมาในรูปของ spreadsheet<br>- นำคาบการเคลื่อนที่กับความยาวลูกตุ้มมา plot กราฟเพื่อคำนวณหาค่า $g$<br>- ค่า $g$ จากการทดลองได้ = 9.72 m/s$^2$ | Pili (2020) |

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่ามีการนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมาทดลองวัดคาบการแกว่งของลูกตุ้มแล้วนำไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีการพัฒนารูปแบบการทดลองและการวัดค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน และแอปพลิเคชัน PHYPHOX มาพัฒนาและออกแบบเป็นชุดทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการจับเวลาแบบเดิม และสามารถนำข้อมูลในการวัดคาบการแกว่งของลูกตุ้มออกมาในรูปแบบของโปรแกรม MS Excel เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งแอปพลิเคชัน PHYPHOX เปิดใช้งานฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและออกแบบชุดทดลองเรื่องลูกตุ้ม ในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน และแอปพลิเคชัน PHYPHOX ในการทดลองเรื่องลูกตุ้ม

## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

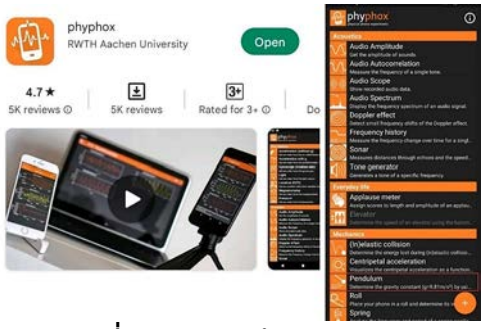
*ตอนที่ 1 การทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยการใช้เซนเซอร์*บนสมาร์ตโฟน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเชือกสำหรับผูกสมาร์ตโฟนติดกับคาน เพื่อใช้แกว่งสมาร์ตโฟน สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน PHYPHOX และคอมพิวเตอร์ หรือไอแพด สำหรับควบคุมและบันทึกเวลาในการแกว่งของสมาร์ตโฟน ซึ่งแอปพลิเคชัน PHYPHOX เปิดให้ดาวน์-

Authorproof

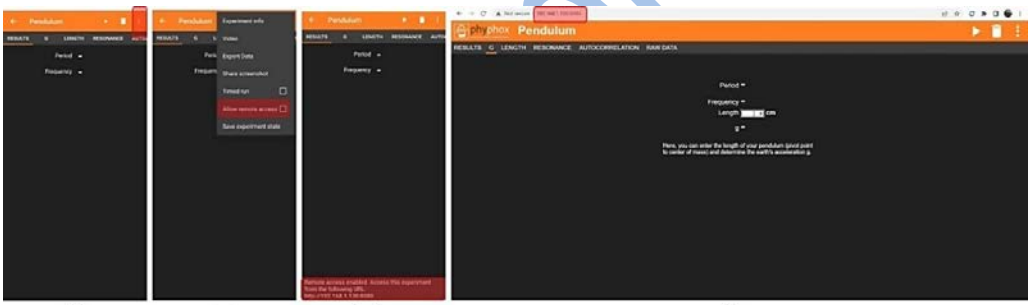
โหลดได้ฟรี ทั้งในระบบ iOS และระบบแอนดรอยด์ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

(1) ติดตั้งแอปพลิเคชัน PHYPHOX บนสมาร์ตโฟนให้เรียบร้อยแล้ว จะพบรายชื่อของเซนเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ตโฟนแต่ละรุ่น ในการทดลองนี้ใช้เซนเซอร์ชื่อ Pendulum ดังในภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** แอปพลิเคชัน PHYPHOX

(2) เมื่อเปิดเซนเซอร์ Pendulum บนสมาร์ตโฟนเรียบร้อยแล้ว ให้เชื่อมต่อสมาร์ตโฟนเข้ากับคอมพิวเตอร์หรือไอแพด โดยเชื่อมต่อสมาร์ตโฟนกับคอมพิวเตอร์หรือไอแพด บนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเดียวกันก่อนจากนั้น กดเลือกตำแหน่งสามจุดแนวตั้งดังภาพที่ 2(ก) กดเลือก Allow remote access ดังภาพที่ 2(ข) หน้าจอจะแสดง URL ดังภาพที่ 2(ค) จากนั้นนำ URL ที่แสดงไปวางในเว็บเบราว์เซอร์ของคอมพิวเตอร์หรือไอแพด แสดงดังในภาพที่ 2(ง) คอมพิวเตอร์หรือไอแพด ทำให้สามารถควบคุมการทำงาน และกรอกค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องกดปุ่มใด ๆ บนสมาร์ตโฟน



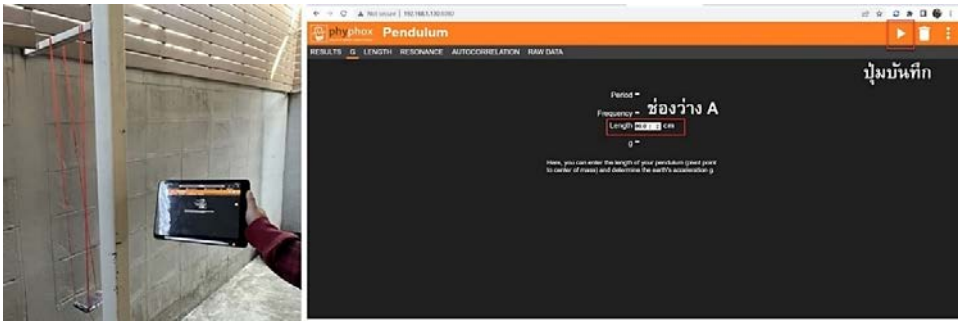

**ภาพที่ 2** การเชื่อมต่อสมาร์ตโฟนกับคอมพิวเตอร์ หรือไอแพด

(3) ติดตั้งสมาร์ตโฟน โดยผูกเชือกยึดสมาร์ตโฟนเข้ากับคาน โดยวัดระยะจากแนวกึ่งกลางของสมาร์ตโฟนไปยังคานที่ผูกตามความยาวที่กำหนดไว้คือตั้งแต่ 0.60–2.90 เมตร จากนั้นบันทึกค่าความยาวเส้นเชือกที่ทดลองลงบนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนที่ช่องว่าง A และกดปุ่มบันทึกเวลาในการแกว่ง ดังในภาพที่ 3

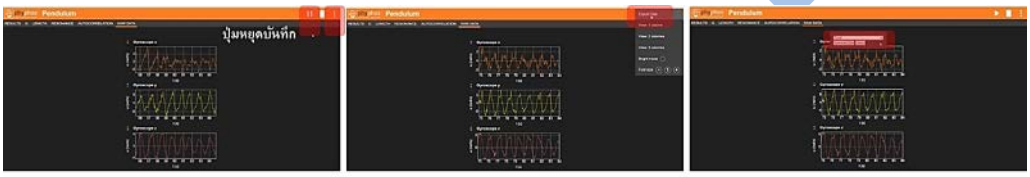
(4) แกว่งสมาร์ตโฟนเป็นมุมน้อย ๆ การกดปุ่มบันทึกบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือไอแพด แอปพลิเคชัน PHYPHOX จะบันทึกค่าอัตราเร็วเชิงมุมในการแกว่งของสมาร์ตโฟน และเมื่อปุ่มหยุดบันทึกดังในภาพที่ 4(ก) กด Export Data ดังในภาพที่ 4(ข) และกดเลือก Excel และ Download Data ดังในภาพที่ 4(ค) จะสามารถดาวน์โหลดข้อมูลอัตราเร่งเชิงมุมการแกว่งของสมาร์ตโฟนได้

(5) เมื่อดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลในภาพของ Excel มาแล้ว พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงมุมในแนวแกน X กับเวลาใน

Author proof



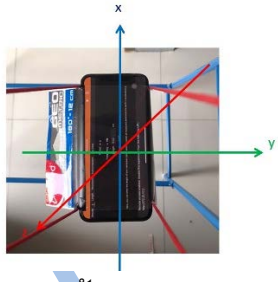

**ภาพที่ 3** การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก




(ก) (ข) (ค)

**ภาพที่ 4** การบันทึกค่าอัตราเร็วเชิงมุมในการแกว่งของสมาร์ตโฟน

การแกว่งในแนวแกน Y ซึ่งการวางตัวของแกน X, Y และ Z จะแตกต่างกันในสมาร์ตโฟนแต่ละรุ่น ซึ่งสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการทดลองนี้ วางแกน X ตามแนวการแกว่ง ดังในภาพที่ 5




**ภาพที่ 5** การวางตัวของแกน X, Y และ Z ของสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการทดลอง

(6) จากกราฟหาคาบการแกว่งจากช่วงระยะเวลาที่มีอัตราเร็วเชิงมุมสูงสุดที่อยู่ติดกัน จะได้คาบการแกว่งของสมาร์ตโฟนหลายค่า นำคาบการแกว่งที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยดังในภาพที่ 6

(7) ทดลองใหม่โดยเปลี่ยนความยาวของเส้นเชือกตั้งแต่ 0.60–2.90 เมตร เพื่อหาคาบการเคลื่อนที่ของความยาวเส้นเชือกแต่ละค่า

(8) นำความยาวเส้นเชือกและคาบการแกว่งที่ได้จากการทดลองทั้งหมด 24 ครั้งไปเขียนกราฟความสัมพันธ์โดยให้ความยาวเส้นเชือกเป็นค่าบนแกน Y และ คาบการแกว่งยกกำลังสองเป็นค่าบนแกน X แล้วคำนวณหาความชันของกราฟจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1)

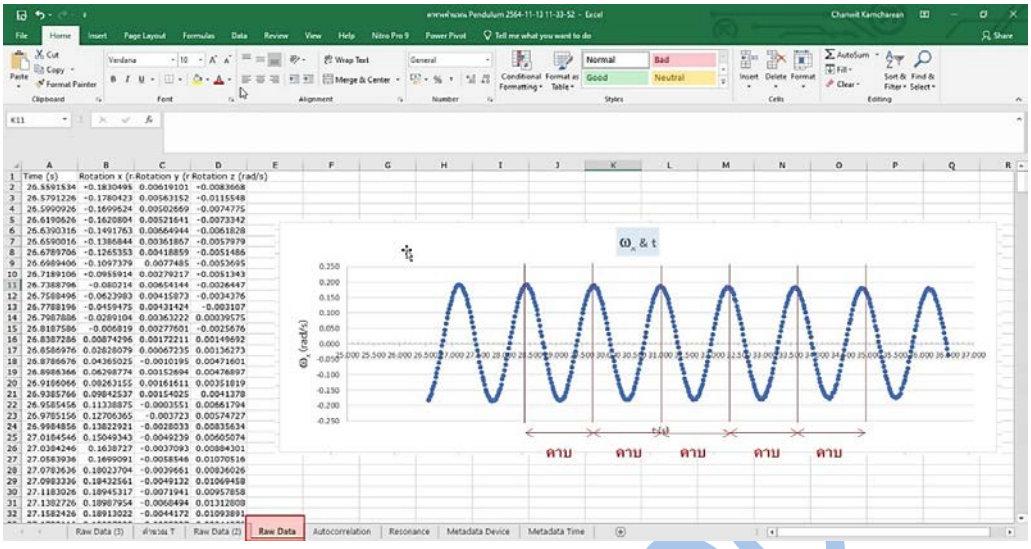
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad \text{- - - (1)}$$

เมื่อ $T$ คือ คาบการเคลื่อนที่ $L$ คือ ความยาวเส้นเชือก โดยคำนวณค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากสมการที่ (2)

$$g = 4\pi^2 \times \text{ความชันของกราฟ} \qquad \text{- - - (2)}$$

*ตอนที่ 2 การทำปฏิบัติการฟิสิกส์ออนไลน์และการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการทดลองเรื่องลูกตุ้ม*

ผู้วิจัยได้ออกแบบคู่มือการทดลอง แบบ




**ภาพที่ 6** คาบการแกว่งของสมาร์ตโฟน

บันทึกผลการทดลอง และแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการทดลองเรื่องลูกตุ้ม โดยแบบสำรวจมีระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 5 หมายถึงมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด เรียงลำดับลงไปจนถึงระดับ 1 หมายถึงมีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด โดยทำแบบสำรวจผ่าน Google Form ประชากรในการวิจัยคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์สุขภาพ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ซึ่งมีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Microsoft Team โดยได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย มีขั้นตอนการทำปฏิบัติการสรุปได้ดังในภาพที่ 7

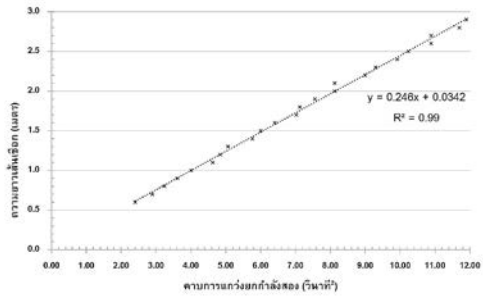
**ภาพที่ 7** ขั้นตอนการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ออนไลน์

**ผลการวิจัยและอภิปรายผล**

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

*ตอนที่ 1 ผลจากการทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน*

จากการทดลองหาคาบการแกว่งของสมาร์ตโฟนโดยเปลี่ยนความยาวของเส้นเชือกที่ผูกสมาร์ตโฟนขณะทำการแกว่งทั้งหมด 24 ค่า นำคาบการแกว่งยกกำลังสองและความยาวเส้นเชือกมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ และหาความชันของกราฟได้กราฟแสดงดังในภาพที่ 8




**ภาพที่ 8** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นเชือกและคาบการแกว่งยกกำลังสอง

จากกราฟความสัมพันธ์ได้ความชันของกราฟเท่ากับ 0.246 เมื่อคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกตามสมการที่ (2) ได้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.71 m/s$^2$ เมื่อเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.78 m/s$^2$ (National Institute Metrology of Thailand, 2022) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ 0.72%

*ตอนที่ 2 ผลจากการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ออนไลน์และการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการทดลองเรื่องลูกตุ้ม*

ผลจากการทดลองของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์สุขภาพ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 82 คน พบว่า นักศึกษาทุกคนสามารถใช้สมาร์ตโฟนทำการทดลอง และคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้โดย นักศึกษาจำนวน 58 คน (70.73%) ได้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1.00% นักศึกษาจำนวน 20 คน (24.39%) ได้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 1.01%–2.00% และนักศึกษาจำนวน 4 คน (4.88%) ได้ค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า 2.01% และผลจากการตอบแบบสำรวจความพึงพอใจแสดงได้ดังในตาราง 2

**สรุปและอภิปรายผล**

ผลการวิจัยตอนที่ 1 ผลจากการทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน พบว่า ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 9.72 m/s$^2$ ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.72% ซึ่งถือว่าเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก เป็นค่าที่ยอมรับได้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมีประสิทธิภาพสูง สามารถวัดค่าได้อย่างละเอียดและแม่นยำ เนื่องจากเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนนั้นมีการใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน PHYPHOX สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vogt and Kuhn (2012) ที่ทำการทดลองโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่งจากสมาร์ตโฟน ในการทดลองเรื่องการแกว่งของลูกตุ้ม โดยใช้สมาร์ตโฟนเป็นลูกตุ้ม และใช้ซอฟต์แวร์ SPARKvue2 ร่วมกับระบบปฏิบัติการใน

Authorproof

**ตาราง 2** ผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการทดลองเรื่องลูกตุ้ม

| ข้อ | คำถาม | คะแนนเฉลี่ย | ค่า SD |
|---|---|---|---|
| 1 | PHYPHOX เป็นเครื่องมือที่ใช้ง่าย และช่วยในการเรียนฟิสิกส์ | 4.43 | 0.84 |
| 2 | PHYPHOX ช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน | 4.35 | 0.78 |
| 3 | PHYPHOX ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นในการเรียนฟิสิกส์ | 4.45 | 0.88 |
| 4 | PHYPHOX ช่วยพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนให้ง่ายขึ้น | 4.48 | 0.73 |
| 5 | การใช้ PHYPHOX มีความน่าสนใจและเพลิดเพลินในการใช้งาน | 4.35 | 0.78 |
| 6 | ใบกิจกรรมประกอบการใช้ PHYPHOX เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ | 4.39 | 0.78 |
| 7 | ผู้สอนควรนำ PHYPHOX ไปใช้กับการสอนปฏิบัติการเรื่องอื่น ๆ ด้วย | 4.48 | 0.73 |
| 8 | สมาร์ตโฟนที่นำมาใช้กับ PHYPHOX มีราคาไม่สูงมาก และสามารถซื้อได้ | 4.64 | 0.66 |
| 9 | ระบบเชื่อมต่อกับ PHYPHOX ใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อนยุ่งยาก | 4.49 | 0.73 |
| 10 | PHYPHOX สามารถนำมาใช้ทดแทนอุปกรณ์การทดลองอื่นที่มีราคาแพงได้ | 4.39 | 0.72 |
| 11 | PHYPHOX ง่ายต่อการใช้งาน และค่าจากการวัดมีความแม่นยำ | 4.43 | 0.79 |
| 12 | PHYPHOX มีส่วนช่วยในการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้น่าสนใจมากขึ้น | 4.22 | 0.85 |
| 13 | ผู้เรียนอยากใช้ แอปพลิเคชันอื่น ๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจาก PHYPHOX | 4.61 | 0.78 |
| 14 | ผู้เรียนอยากแนะนำคนอื่น ๆ ให้ใช้ PHYPHOX ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ | 4.43 | 0.90 |
| 15 | การใช้ PHYPHOX ทำให้มองเห็นภาพการทดลองได้ชัดเจนมากขึ้น | 4.52 | 0.67 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.44 | |

สมาร์ตโฟน ซึ่งภายหลังการทดลองได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแกว่งของลูกตุ้ม ซึ่งได้ข้อมูลที่มีความละเอียด สามารถนำไปวิเคราะห์ผลและปรับปรุงการสอนได้ และยังสร้างความน่าสนใจให้แก่ผู้เรียนอีกด้วย

ผลการวิจัยตอนที่ 2 ผลจากแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอในสูงสุดในหัวข้อ สมาร์ตโฟนที่นำมาใช้กับ PHYPHOX มีราคาไม่สูงมากและสามารถซื้อได้ โดยมีคะแนนระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และผู้เรียนมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยทุกหัวข้อเท่ากับ 4.44 แสดงให้เห็นว่าการทดลองเรื่องลูกตุ้มในปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานออนไลน์ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟน มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองเรื่องลูกตุ้ม และยังสามารถนำไปประยุกต์ในการออกแบบใบกิจกรรมในหัวข้ออื่น ๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนได้ (Vogt and Kuhn, 2014) การทดลองโดยใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพในระดับที่ดีมาก แต่ผลการทดลองก็ยังมีความคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐาน แม้จะไม่ถึง 1.00% ก็ตาม ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมเริ่มต้นในการแกว่งสมาร์ตโฟน และการติดตั้งสมาร์ตโฟนกับเชือกที่ผูกควรปรับให้อยู่ในแนวระดับ โดยการศึกษาเรื่องความคลาดเคลื่อนเป็นสิ่งน่าสนใจที่จะศึกษาและทำการวิจัยต่อไป ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรมีการศึกษาการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่ง

Authorproof

การศึกษานี้จะสามารถนำมาใช้แก้ไขความคลาดเคลื่อนจากการวัดของเซนเซอร์ในสมาร์ตโฟนได้ และนำมาปรับให้ผลการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนมีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาทุนเลขที่ 21/65 และจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของงานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ COA No.055/2022 หมายเลขรับรอง IRBC MRU 2022/055.04.03

## เอกสารอ้างอิง

Ballester, E., Castro–Palacio, J.C., Velázquez–Abad, L., Giménez, M. H., Monsoriu, J. A., and Sánchez Ruiz, L. M. (2015). Smart physics with smartphone sensors. **Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference** (pp.978–982). Madrid, Spain: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone. **Physics Education** 48(3): 285–288.

Castro–Palacio, J. C., Velázquez–Abad, L., Giménez, M. H., and Monsoriu, J. A. (2013). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillation. **American Journal of Physics** 81(6): 472–475.

González, M. Á., Martín, M. E., Llamas, C., Martínez, Ó., Vegas, J., Herguedas, M., and Hernández, C. (2015). Teaching and learning physics with smartphones. **Journal of Cases on Information Technology** 17(1): 31–50.

Kuhn, J., and Vogt, P. (2013). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. **European Journal of Physics Education** 4(1): 16–27.

National Institute Metrology of Thailand. (2022). **The measurement of gravity in Thailand and its importance**. Retrieved from https://www.nimt.or.th/main/?p=21307, August 9, 2022. (in Thai)

Pendrill, A. M., and Rohlén, J. (2011). Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4. **Physics Education** 46(6): 676–681.

Pili, U. (2020). Sound–based measurement of g using a door alarm and a smartphone: Listening to the simple pendulum. **Physics Education** 55(3): 1–4.

Pili, U., and Violanda, R. (2018). A simple pendulum–based measurement of g with a smartphone light sensor. **Physics Education** 53(4): 1–4.

Authorproof

Teeka, C. (2017). Smartphone sensors application for teaching and learning in physical mechanics. **Proceedings of the 12nd National and International Sripatum University Conference** (pp. 2386–2395). Bangkok, Thailand: Sripatum University. (in Thai)

Vogt, P., and Kuhn, J. (2012). Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. **The Physics Teacher** 50(7): 439–440.

Wong, W. K., Chao, T. K., Chen, P. R., Lein, Y. W., and Wu, C. J. (2015). Pendulum experiments with three modern electronic devices and a modeling tool. **Journal of Computer Education** 2(1): 77–92.

Authorproof