



การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วย
การใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมาศ บินหจิดต์

นายพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร

ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ประจำปีงบประมาณ 2566

ลิขสิทธิ์ของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วย
การใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมาศ บิณขจิตต์

นายพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร

ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ประจำปีงบประมาณ 2566

ลิขสิทธิ์ของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

Development of media innovation for physics pedagogy in classroom and
laboratory using wireless sensor and a smartphone

By

Assistant Professor Dr.Chokchai Puttharugsa

Assistant Professor Dr.Patamas Bintachitt

Mr.Pollawat Dumrongkitpakorn

Supported Budget by Edtech Fund, Ministry of Education

Year 2023

บทคัดย่อ

สัญญารับทุนเลขที่	8/2566
ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน
ชื่อนักวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ระยะเวลาโครงการ	เมษายน 2566 – มีนาคม 2567

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดูโนแบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนบนแอปพลิเคชัน phyphox โดยใช้บอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense เนื่องจากมีเซนเซอร์ที่ฝังอยู่ภายในบอร์ด ที่มีความสามารถวัดค่าความเร่ง อัตราเร็วเชิงมุม และสนามแม่เหล็ก ผลการพัฒนาชุดเซนเซอร์ฯ สามารถวัดปริมาณต่างๆ ในการทดลองฟิสิกส์ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง นอกจากนี้ได้ทำการออกแบบการทดลอง/การสาธิตเพื่อสร้างเป็นสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องกลศาสตร์ (เช่น การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กฎของนิวตัน แรงเสียดทาน การเคลื่อนที่แบบสั่น การเคลื่อนที่แบบวงกลม การกลิ้ง โมเมนตัมและการดล) จำนวน 10 เรื่อง และนำไปทดลองสอนกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษาตอนปลาย) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 29.12$) และผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ “ดี”

คำสำคัญ เซนเซอร์ สมาร์ทโฟน ฟิสิกส์ กลศาสตร์ อาร์ดูโน

Abstract

Project Code	8/2566
Project Title	Development of media innovation for physics pedagogy in classroom and laboratory using wireless sensor and a smartphone
Investigator	Assistant Professor Dr.Chokchai Puttharugsa, Srinakharinwirot University

This research project has developed a wireless Arduino sensor that can be used with smartphones and the phyphox application. The Arduino Nano 33 BLE sense board was selected to use in this project because of its embedded sensors on board for measuring values of acceleration, angular speed, and magnetic field. The developed Arduino sensor kit can measure and various quantities in physics experiments with precision and accuracy. In addition, physics experiments/demonstrations were designed for creating innovative media for learning and teaching physics related to mechanics (such as linear motion, Newton's law, friction, oscillation motion, circular motion, rolling motion, momentum, and impulse) for 10 subjects. These experiments/demonstrations were used to teach to the students (Grade 10) from the Demonstration School of Silpakorn University (Secondary). It was found that the academic achievement was significantly higher than that before studying at the .05 level ($t = 29.12$) and the average physics attitude assessment was at the "good" level.

Keywords Sensor, Smartphone, Physics, Mechanics, Arduino

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน” ครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนงบประมาณจาก สำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินสื่อ รศ.ดร.สมศักดิ์ พิमानแพ่ง ผศ.ดร.สุรวุฒิ วิจารณ์ ผศ.ดร.สุวรรณ พลายพิชิต และ ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงศ์ สำหรับการประเมินอุปกรณ์อาร์ดุยโนเซนเซอร์แบบไร้สาย และชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ รวมทั้งแบบประเมินต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณประธานคณะกรรมการตรวจรับ คุณกษิพัฒน์ ภูลังกา คุณทิพาภรณ์ หน่อแก้วบุญ คุณธานินทร์ กองทุน สำหรับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพื่อใช้ในการปรับปรุงการดำเนินโครงการวิจัยนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัย

2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
 บทที่ 1 บทนำ	 1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ของการวิจัย	5
 บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 6
2.1 แอปพลิเคชัน phyphox	6
2.2 บอร์ดอาร์ดิวโน	8
2.2.1 บอร์ด Arduino Nano 33 BLE และบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense	8
2.2.2 บอร์ด Arduino Nano 33 IoT	11
2.2.3 บอร์ด ESP32	12
2.2.4 SenseBox MCU with NiNA-B31 Module	13
2.3 สื่อ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์	14
2.3.1 ความหมายของสื่อ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์	14
2.3.2 การออกแบบสื่อ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ ตามแบบ ADDIE model	16
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	17
2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	18
2.4.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	19
2.4.4 หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
 บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	 26
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	26
3.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดิวโนแบบไร้สาย	27
3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	27
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
3.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
3.6 การสร้างแบบทดสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์	28
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	28
 บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	 31
4.1 การพัฒนาเซนเซอร์แบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟน	31
4.1.1 แนวคิดการออกแบบ	31
4.1.2 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย	31
4.1.3 การพัฒนาส่วนแอปพลิเคชัน phyphox	35
4.1.4 ผลการทดสอบชุดเซนเซอร์อาร์ดิวโนแบบไร้สาย	41
4.1.5 ผลการประเมินชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย	47
4.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดเซนเซอร์ร่วมกับสมาร์ทโฟน	49
4.3 ผลการประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ	50
4.4 ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์	51
4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์	53
 บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	 54
5.1 สรุปผล	54
5.2 อภิปรายผล	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	59
ภาคผนวก ข การออกแบบการทดลอง/การสาธิตในหัวข้อกลศาสตร์ จำนวน 10 เรื่อง	65
ภาคผนวก ค แบบประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์	100
ภาคผนวก ง แบบประเมินเจตคติทางฟิสิกส์	104
ภาคผนวก จ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	106
ภาคผนวก ฉ การหาคุณภาพของเครื่องมือ	158
ภาคผนวก ช วิดีโอตัวอย่างประกอบบททดลอง/การสาธิต และประมวลภาพตัวอย่างการจัดกิจกรรม	165

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดโครงการวิจัย	4
2.1 แอปพลิเคชัน phyphox บนหน้าจอมือถือ	6
2.2 ระบบพิกัดฉากของสมาร์ทโฟน	7
2.3 บอร์ด Arduino Nano 33 BLE	8
2.4 ระบบแกน x y และ z บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE	8
2.5 ตำแหน่งของเซนเซอร์ต่างๆ บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense	9
2.6 ตำแหน่งของเซนเซอร์ IMU LSM9DS1 และตำแหน่งของบลูทูธ nRF52840	11
2.7 บอร์ด Arduino Nano 33 IoT	12
2.8 บอร์ด ESP32 ที่นิยมใช้งาน	13
2.9 บอร์ด SenseBox MCU with NiNA-B31 Module	13
2.10 ตัวอย่างสื่อ นวัตกรรม และเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์	15
4.1 แนวคิดหลักการออกแบบชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย	30
4.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้	32
4.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE และการติดตั้งไลบรารีต่างๆ	33
4.4 การตรวจสอบชุดคำสั่งและการอัปโหลดชุดคำสั่ง	34
4.5 หน้า Main และการกรอกข้อมูลต่าง ๆ	35
4.6 หน้า Input ของการเลือกชนิดเซนเซอร์ขาเข้า	36
4.7 หน้าต่าง Output การกรอกข้อมูล Output ที่จะส่งออกจากบลูทูธ	36
4.8 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ	37
4.9 หน้า Analysis สำหรับการเอาค่าต่างๆ จาก Output มาวิเคราะห์และส่งไปแสดงผล	38
4.10 หน้าต่าง Export แสดงข้อมูลต่างๆ สำหรับการส่งข้อมูลออกไป	38
4.11 วิธีการโหลด Experiment ด้วยวิธีการ QR code	39
4.12 ภาพ 3 มิติ ของกล่องใส่บอร์ดและถ่านกระดุม	40
4.13 กล่องใส่อุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายโดยใช้แหล่งพลังงานแบบรีชาร์จถ่านกระดุม	41
4.14 ขั้นตอนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Arduino Nano 33 BLE sense ร่วมกับสมาร์ทโฟน และการใช้งานเบื้องต้น	42
4.15 การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ความเร่ง	43
4.16 การทดสอบเซนเซอร์ไจโรสโคปโดยเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ของสมาร์ทโฟน	44
4.17 การทดสอบเซนเซอร์แม่เหล็ก	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.18 การใช้เซนเซอร์แม่เหล็กวัดสนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา	45
4.19 ผลการทดสอบการใช้งานชุดเซนเซอร์	46
4.20 แหล่งกำเนิดพลังงานเป็น USB และ QR code แสดงการใช้งานและการทดสอบอุปกรณ์	46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลเปรียบเทียบทางเทคนิคของบอร์ดอาร์ดูโน้ Nano 33 BLE และ Nano 33 BLE	10
4.1 ผลสรุปแบบประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยชุดเซนเซอร์อาร์ดูโน้แบบ ไร้สายโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน	47
4.2 ผลการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย รศ.ดร.สมศักดิ์ พิมาณแพง	49
4.3 ผลการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์	50
4.4 ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิต (มัธยมศึกษา) มหาวิทยาลัย ศิลปากร จำนวน 40 คน	51
4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

รายวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพมีการจัดการเรียนการสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และในระดับมหาวิทยาลัย เป็นรายวิชาที่สำคัญต่อการพัฒนาความรู้พื้นฐานต่างๆ และการนำไปใช้ในวิชาต่างๆ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ยังคงมีลักษณะที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนจดจำสมการและเน้นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อใช้ในการสอบเข้ามหาวิทยาลัย จึงทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์พื้นฐาน และไม่เข้าใจแนวคิดหลักหรือมโนคติทางการเรียนฟิสิกส์ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสาธิต และการทดลองไม่ค่อยนิยม เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลอง และต้องใช้เวลาในการจัดเตรียมการสอน

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการศึกษามีการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียน เช่น กล้องวิดีโอความเร็วสูง กล้องเว็บแคม เมาส์ เป็นต้น โดยที่อุปกรณ์เหล่านี้สามารถเก็บข้อมูลการทดลองต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ได้อย่างแม่นยำ เช่น ความเร็ว ความเร่ง ความเข้มเสียง เป็นต้น ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ดังที่กล่าวมาจะสามารถตรวจวัดการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ แต่ก็มีข้อจำกัดในการนำมาเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยการตั้งค่าและการปรับแต่งข้อมูลจึงจะใช้ในการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ และจะต้องใช้โปรแกรมควบคุมเฉพาะที่เขียนขึ้นมาเพื่อส่งงานชุดเซนเซอร์ให้ทำงานตามคำสั่ง นอกจากนี้บริษัทต่างๆ ที่ขายชุดการทดลอง/ชุดสาธิตแบบต่างๆ พร้อมอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ ส่วนใหญ่มีราคาแพง และใช้งานได้จำกัด ทำให้เป็นข้อจำกัดทั้งทางด้านงบประมาณในการสั่งซื้อ และนักเรียน/นิสิตส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์และโปรแกรมควบคุมเหล่านั้น

สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และเริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในการวงการวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการใช้ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เนื่องจากมีเซนเซอร์ต่างๆ หลายชนิดบรรจุภายในตัวอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกปริมาณการทดลองทางฟิสิกส์ได้อย่างแม่นยำ โดยใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน (application) ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา ยกตัวอย่างเช่น เซนเซอร์ความเร่ง (accelerometer) ระบบรับเสียง แมกนีโตมิเตอร์ (magnetometer) และไจโรสโคป (gyroscope) นอกจากการใช้สมาร์ทโฟนแล้ว โปรแกรมอาร์ดูโน้ (Arduino) ซึ่งเป็นโปรแกรม open source ซึ่งสามารถควบคุมและสั่งงานเซนเซอร์ต่างๆ (เช่น

เซนเซอร์ความเร่ง ไจโรสโคป แมกนีโตมิเตอร์ และเซนเซอร์แสง) มีราคาไม่แพง ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ได้ จะเห็นว่าการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เหล่านี้มาใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลองทางฟิสิกส์ต่างๆ จะต้องให้ผลการวัดที่ถูกต้อง แม่นยำ และควรมีราคาถูกเพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ได้ และเพื่อให้ผู้เรียนมีความคุ้นเคยกับการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เหล่านี้

อย่างไรก็ตามการทดลองทางฟิสิกส์โดยเฉพาะทางด้านกลศาสตร์ที่มีการใช้สมาร์ตโฟนเซนเซอร์ในการทดลอง จะต้องทำโดยการติดเซนเซอร์หรือสมาร์ตโฟนไว้กับวัตถุที่ต้องการวัด เช่น การทดลองเรื่องเพนดูลัมอย่างง่าย จะต้องติดสมาร์ตโฟนที่ด้านปลายของเส้นเชือก และให้สมาร์ตโฟนเป็นวัตถุสำหรับการแกว่ง ข้อมูลการทดลองต่างๆ (เช่นความเร่ง ความเร็วเชิงมุม) จะถูกเก็บไว้ที่หน่วยความจำของสมาร์ตโฟนหรือในแอปพลิเคชัน โดยข้อมูลการทดลองจะถูกส่งไปยังอีเมลของผู้ทดลองในภายหลัง ในการทดลองโดยใช้สมาร์ตโฟนในลักษณะแบบนี้อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับสมาร์ตโฟนได้ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จะทำการพัฒนาชุดเซนเซอร์แบบไร้สายสำหรับเก็บข้อมูลการทดลองที่ใช้งานร่วมกับการใช้สมาร์ตโฟน โดยสามารถควบคุมและส่งข้อมูลจากเซนเซอร์อาร์ดูโนไปยังสมาร์ตโฟน และสร้างชุดทดลอง/ชุดสาธิตการทดลองทางฟิสิกส์ที่น่าชุดเซนเซอร์เหล่านี้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้เทคโนโลยีในการศึกษา ยุค 4.0 ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดเซนเซอร์แบบไร้สายสำหรับเก็บข้อมูลการทดลองทางฟิสิกส์ร่วมกับสมาร์ตโฟน
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยการใช้ชุดเซนเซอร์แบบไร้สายร่วมกับสมาร์ตโฟนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องกลศาสตร์ จำนวน 10 เรื่อง
- 1.2.3 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการนำเสนอวัตกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยสมาร์ตโฟนไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

1.3 สมมติฐานการวิจัย

- 1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผ่านการสอนด้วยชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบการทดลอง/การสาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดูโนแบบไร้สายร่วมกับสมาร์ตโฟน
- 1.3.2 เจตคติของนักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ “ดี”

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย

- 1.4.1 การพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดูโน้แบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนบนแอปพลิเคชัน phyphox จำนวน 5 ชุด
- 1.4.2 การพัฒนาชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนการทดลอง/การสาธิต ที่ใช้ชุดเซนเซอร์ฯ ในหัวข้อต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ จำนวน 10 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กฎของนิวตัน การเคลื่อนที่แบบสั่น การเคลื่อนที่แบบวงกลม แรงเสียดทาน โมเมนตัมและการดล
- 1.4.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1) ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4
 - 2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4/2 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) จำนวน 40 คน ได้จากการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 1.4.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
 - 1) ตัวแปรต้น คือ ชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนการทดลอง/การสาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์ฯ ร่วมกับสมาร์ทโฟน จำนวน 10 เรื่อง
 - 2) ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และเจตคติต่อรายวิชาฟิสิกส์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย หมายถึง ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาโดยใช้บอร์ดอาร์ดูโน้ พร้อมจัดทำคู่มือการทดลอง และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ทดลองในรายวิชาฟิสิกส์ ในหัวข้อกลศาสตร์ สำหรับชั้นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

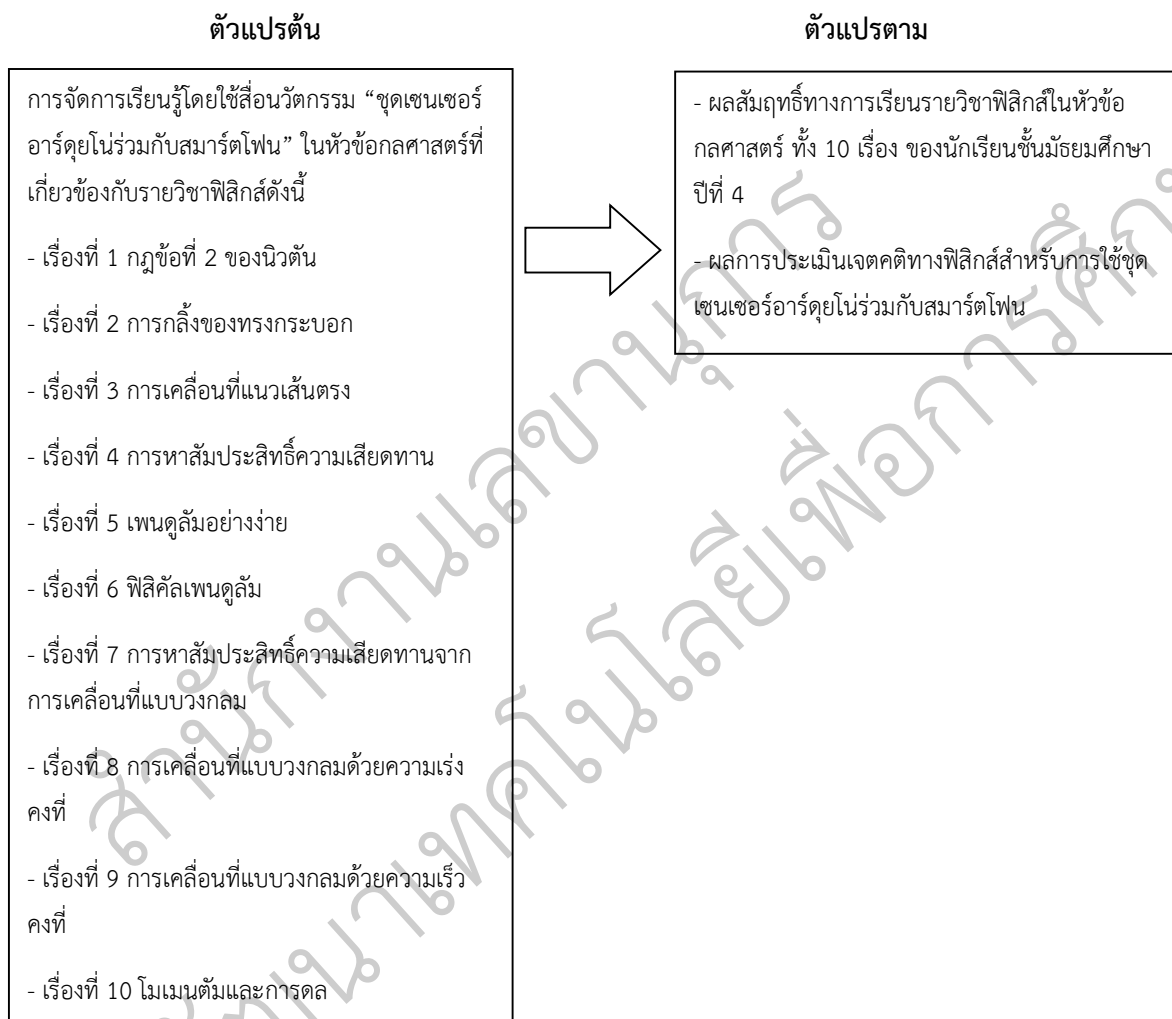
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แอปพลิเคชัน phyphox หมายถึง แอปพลิเคชันที่ใช้เซนเซอร์ภายในสมาร์ทโฟนสำหรับการทดลองฟิสิกส์ มีทั้งระบบปฏิบัติการแบบ Andriod และ iOS ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย RWTH Aachen และเป็นแอปพลิเคชันแบบ open source

อาร์ดูโน้ (Arduino) หมายถึง บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่พัฒนาแบบ open source ที่มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สายร่วมกับสมาร์ตโฟน พร้อมกับคู่มือการทดลอง/การสาธิต ในหัวข้อกลศาสตร์ต่างๆ ในรายวิชาฟิสิกส์ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.7 ประโยชน์ของการวิจัย

- 1.7.1 ได้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนบนแอปพลิเคชัน phyphox ที่สามารถเก็บข้อมูลการทดลองต่างๆ ได้ เช่น ค่าความเร่ง ค่าอัตราเร็วเชิงมุม และค่าสนามแม่เหล็ก
- 1.7.2 ได้สื่อนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนการทดลอง/การสาธิต ที่ใช้ชุดเซนเซอร์ฯ ในหัวข้อต่างๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ จำนวน 10 เรื่อง คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กฎของนิวตัน การเคลื่อนที่แบบสั่น การเคลื่อนที่แบบวงกลม แรงเสียดทาน โมเมนตัมและการดล

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน” ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.1 แอปพลิเคชัน phyphox

2.2 บอร์ดอาร์ดุยโน

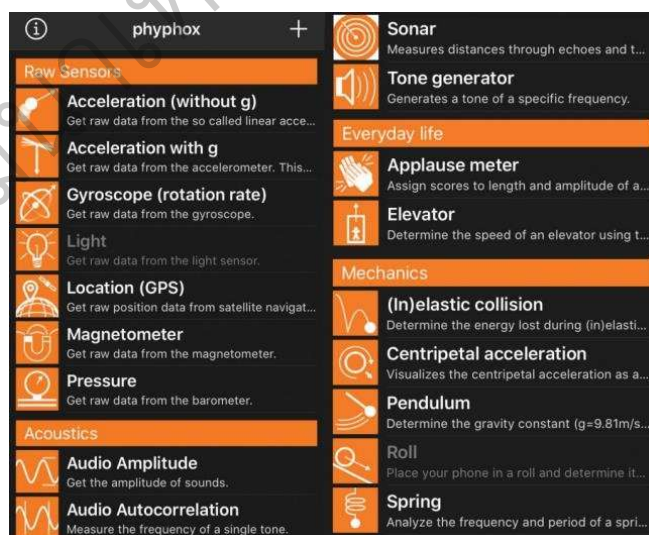
2.3 สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์

2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

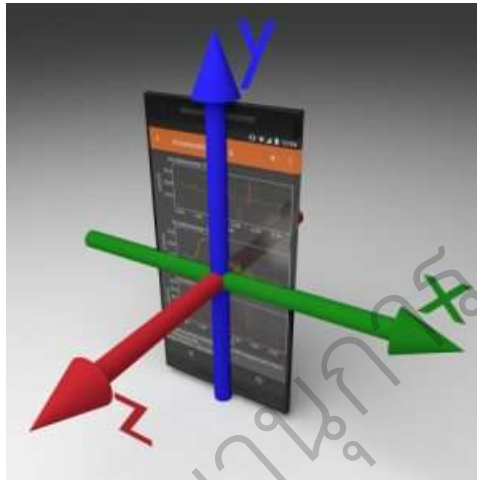
2.1 แอปพลิเคชัน phyphox

แอปพลิเคชัน phyphox แสดงดังภาพที่ 2.1 ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันแบบ open source ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย RWTH Aachen มีให้ดาวน์โหลดได้ทั้งในระบบ Android และ iOS โดยวัตถุประสงค์หลักคือการใช้งานเซนเซอร์ในสมาร์ทโฟนต่างๆ เช่น เซนเซอร์ความเร่ง ไจโรสโคป เซนเซอร์แม่เหล็ก GPS เซนเซอร์แสง Proximity sensor และเซนเซอร์ความดัน ในการเก็บข้อมูลการทดลองทางฟิสิกส์ ซึ่งสมาร์ทโฟนแต่ละเครื่องจะมีเซนเซอร์ที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับชนิดของสมาร์ทโฟน



ภาพที่ 2.1 แอปพลิเคชัน phyphox บนหน้าจอมือถือ

ระบบพิกัดฉากของสมาร์ทโฟนแสดงดังภาพที่ 2.2 นั่นคือ แกน z จะตั้งฉากกับหน้าจอ มีทิศทางพุ่งออกจากหน้าจอ แกน x มีทิศทางพุ่งไปทางด้านขวา เมื่อถือสมาร์ทโฟนในแนวตั้ง และแกน y มีทิศทางพุ่งขึ้นตามแนวยาวของสมาร์ทโฟน



ภาพที่ 2.2 ระบบพิกัดฉากของสมาร์ทโฟน

(ที่มา: <https://phyphox.org/sensors/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

แอปพลิเคชันนี้ใช้รูปแบบไฟล์ที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถกำหนดแหล่งข้อมูล การแสดงผล และการวิเคราะห์ผล โดยสามารถที่จะแสดงผลและควบคุมผ่านระบบ Remote access ได้ นอกจากนี้รูปแบบไฟล์นี้ยังอนุญาตให้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์บอร์ดอาร์ดูইন (Arduino) แบบไร้สายหรือบลูทูธ (Bluetooth) เพื่อทำการส่งข้อมูลได้ โดยทางคณะผู้พัฒนาแอปพลิเคชันได้พัฒนา Arduino library “phyphox BLE” เพื่อที่จะสามารถพล็อตข้อมูลการทดลองจากบอร์ดอาร์ดูইน หรือบอร์ด ESP32 บนแอปพลิเคชัน phyphox หรือรับข้อมูลจาก phyphox ไปยังบอร์ดอาร์ดูইนได้ โดยมีบอร์ดต่างๆ ที่สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน phyphox ได้ มีดังนี้

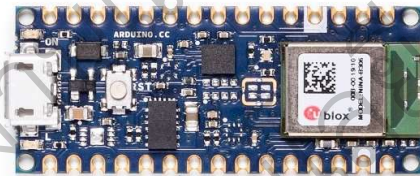
- Arduino Nano 33 BLE
- Arduino Nano 33 BLE Sense
- Arduino Nano 33 IoT
- ESP32
- SenseBox MCU with NiNA-B31 Module

2.2 บอร์ดอาร์ดุยโน

2.2.1 บอร์ด Arduino Nano 33 BLE และบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense

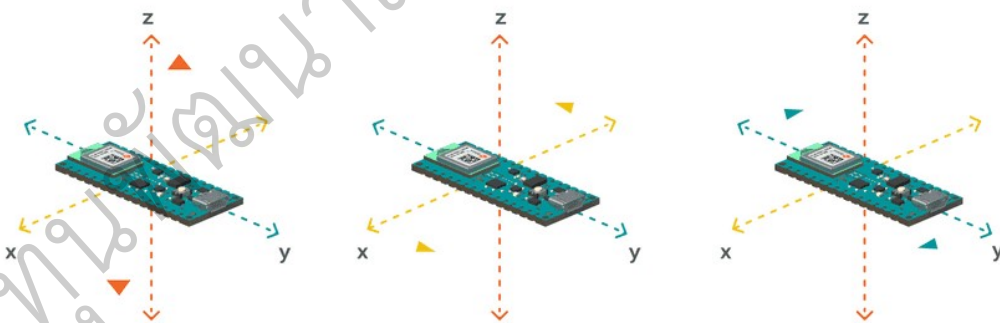
บอร์ด Arduino Nano 33 BLE เป็นบอร์ดที่รองรับไฟเลี้ยงวงจรที่ 3.3 โวลต์ และมีขนาดเล็กเพียง 45x18 มิลลิเมตร (ภาพประกอบที่ 2.3) BLE ย่อมาจาก Bluetooth Low Energy ที่สามารถทำการเชื่อมต่อไร้สายโดยใช้พลังงานต่ำ และมีเซ็นเซอร์ Inertia Measurement Unit (IMU) ที่ฝังในบอร์ดแบบ 9 แกน ซึ่งประกอบด้วย เซ็นเซอร์ความเร่ง เซ็นเซอร์ไจโรสโคป และเซ็นเซอร์แม่เหล็ก ที่มีความละเอียดสูง อย่างละ 3 แกน (ภาพประกอบที่ 2.4) ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาทำเป็นอุปกรณ์สวมใส่ หรือสำหรับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ที่มีความต้องการการสื่อสารแบบไร้สายในระยะทางไม่มากนัก

สำหรับบอร์ด Arduino Nano 33 BLE นี้ เป็นบอร์ดที่พัฒนาต่อจากอาร์ดุยโน รุ่น Nano แบบดั้งเดิม แต่มีหน่วยสำหรับประมวลผลที่ดีกว่า nRF52840 จาก Nordic Semiconductors ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผล ARM Cortex-M4 แบบ 32 บิต ทำงานที่ 64 MHz ซึ่งจะช่วยให้มีความจุใหญ่กว่าอาร์ดุยโน รุ่น Uno (มีหน่วยความจำโปรแกรม 1 MB ใหญ่กว่า 32 เท่า) และมีตัวแปรมากกว่า (RAM ใหญ่กว่า 128 เท่า)



ภาพที่ 2.3 บอร์ด Arduino Nano 33 BLE

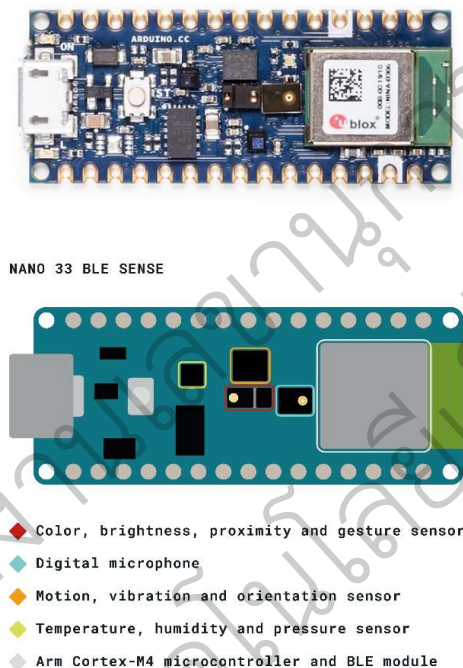
(ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)



ภาพที่ 2.4 ระบบแกน x y และ z บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE

(ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

สำหรับบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense เป็นบอร์ดที่มีพื้นฐานมาจากบอร์ด Arduino Nano 33 BLE แต่มีการเพิ่มเซนเซอร์ต่างๆ เข้าไปบนบอร์ดเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ เซนเซอร์ IMU 9 แกน เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์อุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความดัน ไมโครโฟน เซนเซอร์วัดท่าทาง (Gesture) และเซนเซอร์วัดความเข้มแสง ภาพที่ 2.5 แสดงตำแหน่งของเซนเซอร์ต่างๆ บนบอร์ด แต่อย่างไรก็ตามราคาของบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense จะแพงกว่าเท่าตัว เมื่อเทียบกับ Arduino Nano BLE ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบทางเทคนิคของบอร์ดอาร์ดูโน้ Nano 33 BLE และ Nano 33 BLE Sense



ภาพที่ 2.5 ตำแหน่งของเซนเซอร์ต่างๆ บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense

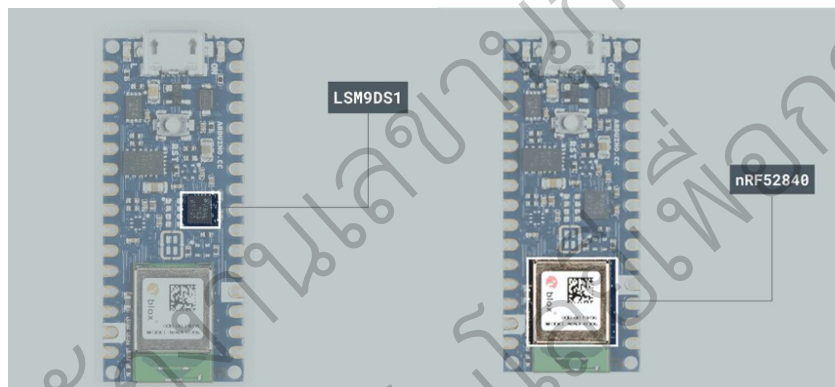
(ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเปรียบเทียบทางเทคนิคของบอร์ดอาร์ดุยโน Nano 33 BLE และ Nano 33 BLE Sense (ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

รายละเอียด	Nano 33 BLE	Nano 33 BLE sense
Microcontroller	nRF52840	nRF52840
Operating Voltage	3.3V	3.3V
Input Voltage (limit)	21V	21V
DC Current per I/O Pin	15 mA	15 mA
Clock Speed	64MHz	64MHz
CPU Flash Memory	1MB (nRF52840)	1MB (nRF52840)
SRAM	256KB (nRF52840)	256KB (nRF52840)
EEPROM	none	none
Digital Input / Output Pins	14	14
PWM Pins	all digital pins	all digital pins
UART	1	1
SPI	1	1
I2C	1	1
Analog Input Pins	8 (ADC 12 bit 200 ksamples)	8 (ADC 12 bit 200 ksamples)
Analog Output Pins	Only through PWM (no DAC)	Only through PWM (no DAC)
External Interrupts	all digital pins	all digital pins
LED_BUILTIN	13	13
USB	Native in the nRF52840 Processor	Native in the nRF52840 Processor
Length	45 mm	45 mm
Width	18 mm	18 mm
Weight	5 g (with headers)	5 g (with headers)
IMU	LSM9DS1	LSM9DS1
Microphone	-	MP34DT05
Gesture, Light, Proximity	-	APDS9960
Barometer pressure	-	LPS22HB
Temperature, Humidity	-	HTS221

เซนเซอร์ LSM9DS1 เป็นเซนเซอร์แบบ IMU 9 แกน ที่ฝังในบอร์ด Arduino Nano 33 BLE ที่มีเซนเซอร์ความเร่ง เซนเซอร์ไจโรสโคป และเซนเซอร์แม่เหล็ก (ภาพที่ 2.6) ซึ่งสามารถใช้วัดและรายงานค่าแรงหรือความเร่งโน้มถ่วง อัตราเร็วเชิงมุม และทิศทางของร่างกาย โดยการผสมผสานระหว่างเซนเซอร์ความเร่ง ไจโรสโคป และเซนเซอร์แม่เหล็ก โดยมีช่วงการวัดของเซนเซอร์ชนิดนี้คือ

- เซนเซอร์ความเร่ง ช่วงการวัด $[-4, +4]g \pm 0.122 \text{ mg}$ (g: gravitational unit)
- ไจโรสโคป ช่วงการวัด $[-2000, +2000] \text{ dps} \pm 70 \text{ mdps}$ (dps: degree per second)
- เซนเซอร์แม่เหล็ก ช่วงการวัด $[-400, +400] \mu\text{T} \pm 0.014 \mu\text{T}$ (T: Tesla)



ภาพที่ 2.6 ตำแหน่งของเซนเซอร์ IMU LSM9DS1 และตำแหน่งของบลูทูธ nRF52840

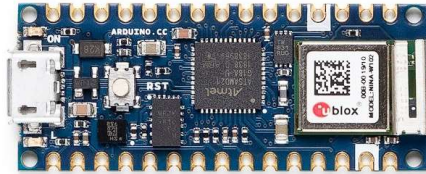
(ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

2.2.2 บอร์ด Arduino Nano 33 IoT

บอร์ด Arduino Nano 33 IoT (ภาพที่ 2.7) เป็นบอร์ดที่ราคาไม่แพงและง่ายสำหรับการเริ่มต้นทำระบบ IoT หรือ Internet of Thing ขนาดของบอร์ดมีขนาดเท่ากับบอร์ดรุ่น Nano อื่นๆ คือ 45x18 มิลลิเมตร โดยมีการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายทั้งแบบบลูทูธที่ใช้พลังงานต่ำ และระบบไวไฟ (WIFI) ที่สามารถส่งข้อมูลไปยังสมาร์ทโฟนได้ สามารถทำงานร่วมกับ Arduino IoT Cloud ได้อย่างสมบูรณ์ ตัวอุปกรณ์รองรับการเชื่อมต่อที่มีความปลอดภัยแบบ TLS มีชิปเข้ารหัสแบบ ATECC608A ที่ให้ความปลอดภัยในการเข้ารหัสสูงมาก

บอร์ด Arduino Nano 33 IoT สามารถใช้งานร่วมกับ Arduino IoT Cloud ทำให้การตั้งค่าต่างๆ ในระบบ IoT Cloud ในแดชบอร์ดออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการสร้าง code ที่ง่าย มีหน่วยประมวลผล

แบบ Cortex M0 SAMD21 และระบบไวไฟและบลูทูธใช้ระบบ ESP32 นอกจากนี้ยังมี IMU 6 แกน (มี เซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน และเซนเซอร์ไจโรสโคป 3 แกน) ในการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของบอร์ด



ภาพที่ 2.7 บอร์ด Arduino Nano 33 IoT

(ที่มา: <https://store.arduino.cc/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

2.2.3 บอร์ด ESP32

บอร์ด ESP32 เป็น Micro Controller ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi , Bluetooth – BLE ในตัว (ภาพ ที่ 2.8) ภาษาที่สามารถใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคือ ภาษา C หรือ Python ภาษา Python ต้องทำการ อัปเดตเฟิร์มแวร์ให้รองรับ Python การพัฒนาโปรแกรมขึ้นอยู่กับผู้ที่พัฒนา โปรแกรม IDE ที่ใช้พัฒนาคือ Arduino IDE หรือ Visual Studio สำหรับ Visual Studio จำเป็นต้องติดตั้ง Plugin Espressif IDF หรือ PlatformIO IDE และต้อง Enable (Arduino)

ESP32 รองรับการเชื่อมต่อแบบ WIFI และ BLE หรือบลูทูธได้โดยไม่ต้องซื้อโมดูลเพิ่มเติม บอร์ด ESP32 มีการทำงานที่แบ่งเป็น 2 Core และ Pin I/O เลือกฟังก์ชันการทำงานได้ใน Pin เดียวกัน เช่น การ แปลง Analog to Digital หรือ Digital to Analog สามารถเชื่อมต่อ SD Card Camera PWD RTC และ Touch เป็นต้น บอร์ด ESP32 ที่มีการผลิตและใช้งานในปัจจุบัน เช่น

- ESP32-DevKitC
- ESP-WROVER-KIT
- ESP32-PICO-KIT
- ESP32-Ethernet-Kit
- ESP32-DevKit-S(-R)
- ESP32-PICO-KIT-1
- ESP32-PICO-DevKitM-2
- ESP32-DevKitM-1

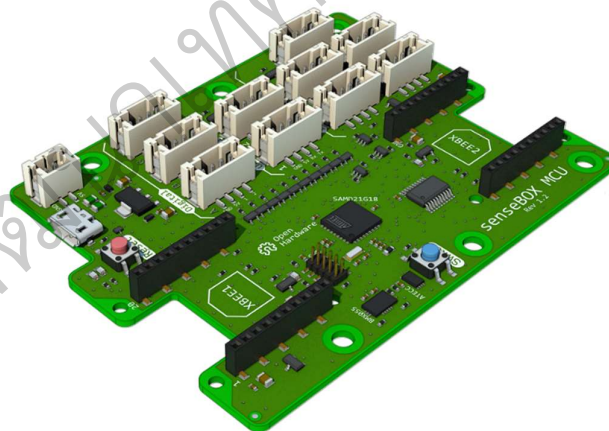


ภาพที่ 2.8 บอร์ด ESP32 ที่นิยมใช้งาน

(ที่มา: <https://v89infinity.com/esp32/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

2.2.4 SenseBox MCU with NiNA-B31 Module

SenseBox MCU with NiNA-B31 Module (ภาพที่ 2.9) เป็นบอร์ดที่พัฒนาขึ้นมาจากความต้องการอย่างจำเพาะ ซึ่งมีสมบัติเฉพาะตัว 3 ด้านคือ รวดเร็ว ประหยัดพลังงาน และมีหน่วยความจำสูง นอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมได้อย่างง่าย โดยไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานมาก่อน บอร์ดนี้มีเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น เซนเซอร์ความเร่ง (BMX055) ติดตั้งในตัวอุปกรณ์ สามารถตรวจจับความเร่งได้ในแนวแกน x y และ z ซึ่งวัดค่าได้ในช่วง 2g 4g 8g และ 16g นอกจากนี้ยังมีเซ็นเซอร์อื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ เซนเซอร์แสง และ GPS เป็นต้น โดยอุปกรณ์นี้สามารถส่งข้อมูลหรือเชื่อมต่อแบบบลูทูธแบบพลังงานต่ำ โดยผ่านอุปกรณ์ NiNA-B31



ภาพที่ 2.9 บอร์ด SenseBox MCU with NiNA-B31 Module

(ที่มา: <https://en.docs.sensebox.de/hardware/allgemein-sensebox-mcu/> สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2567)

2.3 สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความหมายของสื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์

สื่อการสอนวิทยาศาสตร์ คือสิ่งที่ช่วยให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยประเภทของ สื่อการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งได้เป็น

- 1) วัสดุ เช่น เอกสาร ตำรา สารเคมี และคู่มือต่างๆ เป็นต้น
- 2) อุปกรณ์ เช่น แบบจำลอง เครื่องฉาย LCD และเครื่องฉาย Visualizer เป็นต้น
- 3) อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เว็บไซต์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สื่อความเป็นจริงเสมือน (Artificial Realistic, AR) เป็นต้น
- 4) วิธีการ เช่น การสาธิต การทำการทดลอง หรือการทำโครงงาน

นวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ คือสิ่งใหม่ซึ่งอาจจะปรับปรุงจากของเดิมหรือพัฒนาขึ้นใหม่ด้วยกระบวนการที่เป็นขั้นตอน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน หรือพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งประเภทของนวัตกรรมจะเป็นลักษณะของเทคนิค วิธีการ หรือสื่อการเรียนรู้ก็ได้

เทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ คือ เทคโนโลยีที่มาช่วยให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เราสามารถแบ่งประเภทของเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ได้เป็น

- 1) เครื่องมือในการสอน เช่น Spreadsheet ในโปรแกรม Excel หรือ Data logging
- 2) แหล่งรวบรวมข้อมูลต่างๆ เช่น เว็บไซต์ ดิจิตัล หรือ Database ต่างๆ
- 3) ช่องทางการติดต่อสื่อสาร เช่น อีเมล Interactive whiteboard หรือ Online Board
- 4) การเพิ่มความเข้าใจแก่ผู้เรียน เช่น Simulation Online Lab และคลิปต่างๆ

การนำสื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชั้นเรียนหรือในห้องปฏิบัติการต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้สอนดังนี้

1. ใช้กระตุ้นการเรียนรู้ สร้างความสนใจ
2. ใช้เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวก
3. ใช้เป็นแหล่งข้อมูลสืบค้น
4. ใช้เพื่อสร้างความเข้าใจวิทยาศาสตร์
5. ใช้เพื่อทบทวนหรือประเมินการเรียนรู้



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างสื่อ นวัตกรรม และเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์

2.3.2 การออกแบบสื่อวัตกรรมการสอนและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ ตามแบบ ADDIE model

แอดดี โมเดล (ADDIE model) คือ แบบจำลองที่คิดค้นขึ้นมาโดยศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดา เมื่อปี พ.ศ. 2518 เพื่อใช้ภายในกองทัพของสหรัฐอเมริกาเพื่อการออกแบบและพัฒนาวัตกรรมการสอนที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีรูปแบบที่ง่าย และมีขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจน สามารถนำไปปรับใช้กับการออกแบบและพัฒนาสื่อได้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะกับการพัฒนาสื่อ วัตกรรมการสอนและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบพัฒนาที่เป็นระบบ สามารถนำมาเป็นแนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการออกแบบและพัฒนาสื่อตามหลักการของ แอดดี โมเดล ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis) คือ การวิเคราะห์ต่างๆ สำหรับการออกแบบสื่อ วัตกรรมการสอนและเทคโนโลยีการสอนวิทยาศาสตร์
 - การวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน เช่น นักเรียนมีปัญหาอะไร ชอบการเรียนรู้แบบใด ไม่ชอบการเรียนรู้แบบใด
 - การวิเคราะห์ผู้เรียน เช่น วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน เช่น องค์ความรู้ ประสบการณ์ เพศ อายุ แรงจูงใจในการเรียน ความถนัด
 - วิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ควรระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจนว่า เราอยากให้นักเรียนได้อะไร เช่น ความรู้ ทักษะ และทัศนคติ
 - วิเคราะห์ข้อจำกัด และทรัพยากรที่จำเป็น สำหรับการสร้างสื่อ หรือกิจกรรมที่ต้องการนั้นมีข้อจำกัดพิเศษหรือไม่ เช่น จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน ควรระบุให้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบสื่อได้ครอบคลุม และเป็นระบบมากขึ้น รวมถึงงบประมาณในการสร้างสื่อ นั้นๆ
2. การออกแบบ (Design) เป็นการนำข้อมูลที่วิเคราะห์ รวบรวมมาในขั้นก่อนหน้า มาใช้สำหรับออกแบบแผนการเรียนรู้ สื่อ หรือกิจกรรมให้ออกมาเป็นระบบ ระเบียบเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยในขั้นตอนนี้ จะนำหัวข้อปัญหาที่ระบุไว้ มาจัดทำเป็นสื่อ หรือแผนการเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยให้เห็นภาพต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้น เช่น mind map, flow chart, หรือ story board
3. การพัฒนา (Development) เป็นการนำภาพร่าง หรือโครงร่างที่ทำไว้ใน story board มาทดลองทำเป็นชิ้นงานจริงๆ เมื่อออกแบบเสร็จ ควรให้ผู้เกี่ยวข้อง หรือผู้เชี่ยวชาญช่วยดูว่าเหมาะสมหรือไม่ หากไม่เหมาะสม จะต้องนำมาปรับปรุงต่อไป หรืออาจจะนำไปให้ผู้เรียนบางกลุ่มทดลองใช้งาน เพื่อดูข้อเสนอแนะต่างๆ จากนั้นนำข้อเสนอแนะต่างๆ มาพัฒนาชิ้นงานให้ตอบโจทย์ผู้เรียนมากขึ้น
4. การนำไปใช้ (Implement) เป็นการนำชิ้นงานต้นแบบที่พัฒนาปรับปรุงแล้ว ไปทดลองให้ผู้เรียนใช้งานจริง โดยขั้นตอนนี้ จะเริ่มตั้งแต่การสอนใช้งานเบื้องต้น การให้ลองใช้งานจริง ไปจนถึงขั้นตอน

สุดท้ายคือการประเมินผล เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาต่อให้ตัวแผนการเรียนรู้ สื่อ หรือกิจกรรม มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) คือการประเมินผลของสื่อวัตกรรมและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมา อาจจะเป็นการประเมินแบบ formative หรือการประเมินระหว่างเรียนนั้น จะทำให้เป็นพัฒนาการของนักเรียน ว่าปัญหาของนักเรียนคืออะไร ข้อมูลตรงส่วนนี้จะช่วยให้การปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้นได้ การประเมินแบบ summative จะเป็นการประเมินให้เห็นผลลัพธ์การเรียนรู้ของการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไรมากกว่านี้ยังรวมถึงการประเมินถึงความพึงพอใจในการใช้ชิ้นงานด้วย

2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับความรู้และประสบการณ์จากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน นักวัดผลการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549, หน้า 15) กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญที่จะเป็นตัวชี้วัดว่าการจัดการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่ โดยผลที่วัดได้จะออกมาตามความเป็นจริง และมีผลกับนักเรียน

ไพโรจน์ ชานาญ (2550) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลที่พัฒนาออกมาขึ้น อันเนื่องมาจากผลการเรียน การสอน การฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วยความสามารถทางสมอง ความรู้ ทักษะ ความรู้สึก และค่านิยม ต่าง ๆ

ชนิษฐา บุญภักดี (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะ และความสามารถของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอาจได้มาจากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัย การทดสอบ เช่น การสังเกต และการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความรู้ความสามารถของนักเรียนที่แสดงถึงความสำเร็จที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ในวิชาต่างๆ อาจมาจากการประเมินโดยใช้แบบทดสอบทางภาคทฤษฎี หรือภาคปฏิบัติ หรือทั้งสองอย่าง

วุฒิชัย ดานะ (2553) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือการเรียนรู้ในชั้นเรียนในรายวิชาต่าง ๆ โดยอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคล ซึ่งสามารถวัดเป็นคะแนนที่ได้จากการทดสอบ หรือเกรด ที่ได้จากการเรียน

ทศนา แชมมณี (2545, น. 10) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ การพัฒนาทักษะในการเรียนของนักเรียน ซึ่งอาจวัดได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายหรือทั้งสองอย่าง

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังได้รับ การจัดการเรียนรู้ สามารถวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือในการวัดผล เช่น แบบทดสอบ งานที่ได้รับ มอบหมายจากครู และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย ด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึก และค่านิยมต่าง ๆ

2.4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546) และ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้กล่าวถึงประเมินผลการเรียนรู้หรือการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ โดยยึดแนวทางของโคลพเฟอร์ (Kolpfer) โดยวัดพฤติกรรม 4 ด้านของนักเรียน และคาดหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนสามารถจดจำ หรือระลึกถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เคยเรียนรู้ไป หลังจากทีนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ที่จะทำการวัดและประเมินผลมี 9 ประเภท คือ

1. ความรู้เกี่ยวกับความจริง (Fact) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรงและทดลองแล้วจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง
2. ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Concept) คือความรู้ที่เกิดจากการนำความรู้ที่สอดคล้องกันหลาย ๆ อย่างมาผสมกัน
3. ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ เป็นวัฏจักร
4. ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ (Principle and law) เป็นหลักอ้างอิงซึ่งได้มาจากการนำแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันหลาย ๆ แนวคิดมาผสมกันจนกลายเป็นความรู้ใหม่
5. ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ ผู้ที่ศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ควรมีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานที่ใช้สำหรับการแบ่งประเภทสิ่งต่าง ๆ
6. ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Assumption) เป็นการใช้อักษรย่อ และเครื่องหมายต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจตรงกัน ซึ่งถูกกำหนดโดยนักวิทยาศาสตร์

7. ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เน้นเฉพาะความสามารถที่จะบอกถึงสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่เท่านั้น โดยความรู้ประเภทนี้ไม่ใช่ความรู้ที่ได้มาจากระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่จะได้มาจากการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนหรือการบอกเล่าของครู

8. ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับนิยามต่างๆ และการใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์

9. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี คือ ข้อความที่อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อรู้อยู่ในรูปใหม่ โดยพฤติกรรมนี้นักเรียนจะได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนต้องบรรยายสิ่งที่มีลักษณะคล้ายกับสิ่งที่เคยเรียนรู้มาในรูปแบบใหม่

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง หลักการและทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจำแนก การคำนวณ และการทดลอง เป็นต้น

พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทาง วิทยาศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา

2.4.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมอง ระดับความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิชาการของผู้สอบจากการเรียนรู้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะได้ทราบว่า ผู้สอบมีความรู้อะไรบ้าง มากน้อยเพียงใด เมื่อผ่านการเรียนไปแล้ว (อัมพวา รักบิดา, 2549, น. 28) มีผู้รู้หลายท่านได้กล่าวถึง ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 53) ได้ให้ความหมายแบบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการ เรียนรู้ในเรื่อง หารสาระ

และตามจุดประสงค์ ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ ในวิชาต่างๆ ที่โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินใจว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งสิ่งที่สำคัญของการทดสอบประเภทนี้คือการวัดตามจุดประสงค์ที่วางไว้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่งสิ่งที่สำคัญสำหรับการทดสอบประเภทนี้คือความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงแบบทดสอบหรือชุดคำถามที่ต้องการวัดพฤติกรรมทางการเรียนว่า นักเรียนมีความรู้ทักษะ และสมรรถภาพของสมองในด้านต่างๆ จากสิ่งที่ได้เรียนไปแล้วมาน้อยเพียงใด

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2549) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการของนักเรียน เพื่อวัดว่านักเรียนเรียนรู้ได้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้มาน้อยเพียงใด

สมนึก ภัททิยธนี (2549) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้มาน้อยเพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 165) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของนักเรียน ว่านักเรียนได้พัฒนาความรู้ความสามารถถึงระดับมาตรฐานหรือวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือไม่ และดีเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนในชั้นเรียน

บลูม (Bloom, 1956) กล่าวถึง การประเมินผลการเรียนการสอนโดยใช้วัตถุประสงค์ ด้านพุทธิพิสัยว่า สามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ความรู้ การใช้ความรู้ และการขยายความรู้ (Meng และ Doran, 1993) ซึ่งทั้ง 3 ด้านมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ดังนี้

1. ด้านความรู้ เปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้านความรู้ ความจำ
2. ด้านการใช้ความรู้ เปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้าน ความเข้าใจ และการนำไปใช้

3. ด้านการขยายความรู้ เปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้าน การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

บลูม (Bloom, 1956) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ ความคิดไว้ 6 ขั้น ได้แก่

1. ความรู้ ความจำ เป็นขั้นที่ต่ำที่สุดของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยขั้นนี้นักเรียนสามารถจดจำความรู้ที่เคยเรียนรู้ได้ เช่น ข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ กฎเกณฑ์ หรือ ทฤษฎี

2. ความเข้าใจ เป็นขั้นการเรียนรู้ที่สูงกว่าขั้นความรู้ความจำ ในขั้นนี้นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญ หรือการแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ จากเรื่องที่เรียนผ่านมาแล้วได้

3. การนำไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเข้าใจเนื้อหา กฎ ทฤษฎี วิธีการนำไปใช้ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนมาเป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ที่คล้ายกันได้ ขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่สูงกว่าความเข้าใจ

4. การวิเคราะห์ เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถแยกแยะความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้วลงเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวข้องต่าง ๆ ขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่สูงกว่าการนำไปใช้

5. การสังเคราะห์ เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถที่จะนำเอาส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ ในขั้นนี้เกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน และการแก้ปัญหาที่ยากในขั้นนี้เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ อันที่จะสร้างแนวคิดใหม่ๆ ขึ้นมา จึง เป็นขั้นที่สูงกว่าการวิเคราะห์

6. การประเมินค่า เป็นขั้นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด โดยนักเรียนสามารถที่จะตัดสิน คุณค่าต่าง ๆ ของคำพูด นวนิยาย บทกวี หรือรายงานการวิจัย การตัดสินคุณค่านี้จะต้องอยู่บนเกณฑ์ที่แน่นอน ซึ่งเกณฑ์นี้นักเรียนอาจคิดขึ้นเองหรือนำจากที่อื่นมาใช้ก็ได้

จากความหมายข้างต้นจึงสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถและทักษะของนักเรียน ผ่านกระบวนการ และขั้นตอนการเรียนรู้ว่าบรรลุไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ และอยู่ในระดับใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามผลการเรียนรู้ และสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครอบคลุม พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

2.4.4 หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะต้องสร้างแบบทดสอบโดยมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบ (Ebel และ Frisbie, 1986) ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบก่อนเรียน ทดสอบหลังเรียน ทดสอบระหว่างเรียน เป็นต้น ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบสอบเพื่อจุดมุ่งหมายอะไร เมื่อไร เพื่อจะได้ออกข้อสอบที่เหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการ

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น ในการสอบแต่ละครั้ง ครูจะต้องกำหนดว่าจะวัดพฤติกรรมของนักเรียนด้านใดบ้าง โดยการสอบนั้นจะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ จำนวนข้อสอบในแต่ละสาระการเรียนรู้ต้องสัมพันธ์กับน้ำหนัก ความสำคัญ และเนื้อหาในตอนนั้น ๆ โดยครูจะต้องจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอนและองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด เนื้อหาสาระของวิชานั้น ๆ ธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น โดยพิจารณาข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมของข้อสอบแต่ละประเภท

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการสอบโดยทั่วไปเวลาสอบที่มีความยาวจะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ควรเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่สอนไปแล้วมาสอบวัดความรู้ของนักเรียน การสอบบางครั้งจะไม่สามารถที่จะวัดจุดประสงค์ได้ครบทุกข้อ

6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ข้อสอบจะมีความยากง่ายระดับใดขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบ เช่น ถ้าเป็นแบบทดสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียนของนักเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายปานกลาง เพื่อให้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูก และนักเรียนอีกครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง

7. กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน บางครั้งแบบทดสอบจะมีข้อสอบหลาย ๆ ประเภทในชุดเดียวกัน ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้ชัดเจน อาจทำข้อสอบแยกเป็นตอน ไม่ปะปนกัน นอกจากนี้ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจง และแปลความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2549, น. 218-220) ได้กล่าวถึง หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมายปรัศนี ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ
2. เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจนและไม่คลุมเครือ ทำให้ผู้สอบสามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้
3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัดหรือมีประโยชน์ คำถามจะต้องทำให้ผู้สอบสามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกันได้
4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ หากจำเป็นต้องมีควรเน้นให้ผู้สอบเห็นคำปฏิเสธชัดเจน เช่น ชัดเส้นใต้ หรือทำตัวหนาบนคำที่เป็นปฏิเสธ และไม่ควรใช้คำปฏิเสธซ้อน เพื่อป้องกันการเข้าใจผิดของผู้สอบ
5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามถึงสิ่งที่ต้องการถามให้ชัดเจน ไม่ควรเขียนสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องไว้ในคำถาม เพื่อให้คำถามรัดกุมชัดเจนขึ้น
6. เขียนตัวเลือกเป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งไปในทางเดียวกันทั้งชุดข้อสอบ
7. ควรเรียงลำดับตัวเลข เรียงตามความสั้นความยาวของตัวเลือกต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้สอบพิจารณาคำตอบได้ง่ายขึ้น และป้องกันการเดาคำตอบของผู้สอบ
8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่าไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้
9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว
10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกต้องหรือผิดตามหลักวิชาการ คือ กำหนดตัวถูกหรือผิด เพราะสอดคล้องกับความเชื่อของสังคมหรือคำพังเพยทั่ว ๆ ไปไม่ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการเป็นสำคัญจะนำความเชื่อ โศกกลาง หรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้
11. ตัวเลือกแต่ละตัวเลือกมีอิสระจากกันอย่างแท้จริงไม่เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของตัวเลือกอื่น
12. จำนวนตัวเลือกที่ควรใช้ในข้อสอบของนักเรียนแต่ละระดับควรเลือกใช้ดังนี้
 - 12.1 ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 คือ 3 ตัวเลือก
 - 12.2 ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 คือ 4 ตัวเลือก

12.3 ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป คือ 5 ตัวเลือก

13. ควรออกข้อสอบ โดยที่ไม่มีส่วนใดแนะนำหรือชี้นำคำตอบมีหลายกรณี ดังนี้

13.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะนำคำตอบข้อแรก ๆ

13.2 ถามเรื่องที่นักเรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำพังเพย สุภาษิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ

13.3 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้อาจจะเดาได้ถูก

13.4 ข้อความของตัวเลือกที่ถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

13.5 เขียนตัวเลือกที่ถูก หรือตัวลงเด่นชัดเกินไป

13.6 คำตอบไม่กระจาย

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักการสำคัญ คือ ต้องสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ และจุดประสงค์ของหลักสูตร จากนั้นผู้ออกข้อสอบดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างข้อสอบ จนได้ข้อสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบอร์ดอาร์ดูโน้ที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนแสดงดังต่อไปนี้

A Ouariach และคณะได้ทำการพัฒนาเทสลามิเตอร์ราคาถูกสำหรับวัดสนามแม่เหล็กของขดลวดโซลินอยด์ (Ouariach, 2020) โดยใช้เซนเซอร์แม่เหล็ก S49 ร่วมกับบอร์ด Arduino Nano และส่งข้อมูลไร้สายแบบบลูทูธผ่านบอร์ด HC-05 Bluetooth และทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวัดสนามแม่เหล็กจากอุปกรณ์ดังกล่าว ผลการทดลองสามารถวัดค่าของสนามแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์ได้ใกล้เคียงกับทฤษฎีและค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์อื่น

Christina Karakotsou และคณะได้ออกแบบและพัฒนาการทดลองโดยใช้ Arduino เป็นฐานในการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Karakotsou, 2022) โดยทำการวัดตำแหน่งของรถที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04 และส่งข้อมูลผ่านบลูทูธ HC-06 ด้วยบอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนามาจาก AppInventor โดยแสดงผลเป็นค่าระหว่างตำแหน่ง-เวลาของรถทดลอง

Atakan Coban และคณะพัฒนาการทดลองด้านจลศาสตร์ และวัดการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบ 2 มิติ โดยใช้บอร์ด Arduino และเซนเซอร์ 3HC-SR04 จำนวน 2 ตัว ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดตำแหน่งหรือที่เรียกว่าอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (Coban, 2022) โดยจะส่งข้อมูลการทดลองผ่านผ่านบลูทูธ HC05 โดยผลการทดลองสามารถวัดตำแหน่งของรถทดลองได้อย่างแม่นยำ ค่าที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎี และมีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง 13%

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ทโฟน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สาย

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาและวางแผนการพัฒนาชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายด้วยการใช้เซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับการใช้สมาร์ทโฟน
2. ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ต้นแบบ โดยใช้เซนเซอร์ต่างๆ เช่น เซนเซอร์ความเร่ง เซนเซอร์ไจโรสโคป และเซนเซอร์แม่เหล็ก ให้สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายได้ และสร้างต้นแบบโดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ
3. ทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการส่งข้อมูลการทดลองแบบไร้สาย
4. ออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการทดลอง/การสาธิตในหัวข้อต่างๆ ของรายวิชาฟิสิกส์จำนวน 10 เรื่อง โดยใช้ชุดเซนเซอร์ร่วมกับสมาร์ทโฟน และทำการประเมินสื่อวัตกรรมการทดลอง/การสาธิต โดยผู้เชี่ยวชาญ
5. นำสื่อวัตกรรมการไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง และนำมาปรับปรุงแก้ไข
6. นำสื่อวัตกรรมการไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์
7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง และรายงานผล

3.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สาย

1. บอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense
2. สมาร์ทโฟนพร้อมแอปพลิเคชัน phyphox (ระบบ Android หรือระบบ IOS)
3. เส้นพอลิเมอร์ขนาด 1.75 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด ABS
4. เครื่องพิมพ์สามมิติ Prusa i3 MK3S+
5. สายสัญญาณ USB แบบ micro USB สำหรับเชื่อมต่อบอร์ดกับคอมพิวเตอร์
6. ถ่านกระดุมชนิด CR2023 ขนาด 3 โวลต์
7. รังถ่านกระดุมแบบ 2 ก้อนต่อแบบอนุกรม
8. ตะกั่วบัดกรี
9. ชุดอุปกรณ์บัดกรี

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4
2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต (มัธยมศึกษา) มหาวิทยาลัยศิลปากร จำนวน 40 คน ได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดทดลอง/การสาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สายร่วมกับสมาร์ทโฟน จำนวน 10 เรื่อง
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อต่างๆ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) จำนวน 40 คน
3. แบบประเมินเจตคติทางฟิสิกส์สำหรับการใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน

3.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารทางวิชาการ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- 3) กำหนดเนื้อหา และสาระการเรียนรู้
- 4) ออกแบบและสร้างชุดทดลอง/สาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน จำนวน 10 เรื่อง ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ ในหัวข้อกลศาสตร์
- 5) นำชุดทดลอง/สาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน และปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

- 6) นำชุดทดลอง/สาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนฯ ไปทดสอบใช้กับกลุ่มทดลอง (นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ) และปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของกลุ่มทดลอง
- 7) นำชุดทดลอง/สาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนฯ ไปทดสอบใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.6 การสร้างแบบทดสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์

- 1) ศึกษาวิธีการสร้างและการหาคุณภาพของแบบทดสอบ
- 2) วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง/การสาธิต 10 เรื่อง แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ (เรื่องละ 4 ข้อ)
- 4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบลักษณะของคำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00
- 5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้ไขแล้วไปทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 10 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจเสร็จแล้วนำมาเรียงค่าจากสูงไปหาต่ำ โดยตัดกลุ่มสูงโดยใช้สัดส่วน 33% แล้วแยกกระดาษคำตอบเป็น 2 ชุด คือ กลุ่มสูง 1 ชุด และกลุ่มต่ำ 1 ชุด แล้ววิเคราะห์ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 33% คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.10 – 0.62
- 6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้ไขแล้วไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนแบบทดสอบ 30 ข้อ)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

- 1) สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item – objective congruence: IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
- 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
- 1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

- 2) การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เป็นดังนี้

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถหาได้จากสมการ 3.2

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของข้อคำถามแต่ละข้อ

R คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกแต่ละข้อ

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

- 3) ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถหาได้จากสมการ

$$r = \frac{R_H - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3.3)$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_H คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

- 4) การทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test dependent ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad (3.4)$$

เมื่อ D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่

- 5) การหาร้อยละ

$$P = \frac{f \times 100}{N} \quad (3.4)$$

เมื่อ P คือ ค่าร้อยละ

f คือ ความถี่หรือคะแนนที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

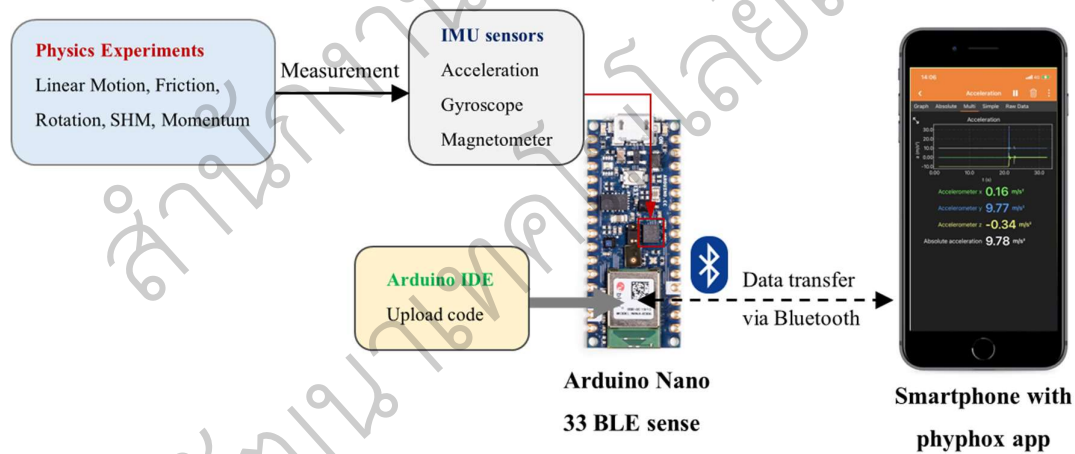
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 การพัฒนาชุดเซนเซอร์แบบไร้สายอาร์ดูโน้รวมกับสมาร์ทโฟน

4.1.1 แนวคิดการออกแบบ

ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายสำหรับการทดลองฟิสิกส์มีแนวคิดการออกแบบชุดอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 4.1 โดยจะใช้บอร์ด Arudino Nano 33 BLE sense ที่มีเซนเซอร์ Inertial Measurement Unit (IMU) รุ่น LSM9S1 ฝังอยู่บอร์ด ซึ่งสามารถตรวจวัดค่าต่างๆ ได้ เช่น ความเร่ง ความเร่งเชิงมุม และค่าสนามแม่เหล็ก ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลองฟิสิกส์ โดยบอร์ด Arduino จะทำการเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนผ่านบลูทูธ และควบคุมการทำงานโดยใช้แอปพลิเคชัน phyphox ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันแบบ open source ที่ให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งค่าต่างๆ ได้



ภาพที่ 4.1 แนวคิดหลักการออกแบบชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย

4.1.2 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย Arduino Nano 33 BLE sense จะใช้โปรแกรม Arduino IDE เวอร์ชัน 2.2.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานในการเขียนชุดคำสั่ง (code) โดยจะต้องติดตั้ง Arduino Mbed OS Nano Boards by Arduino และไลบรารี (library) 2 ไฟล์ คือ “phyphoxBle.h” และ

“Arduino_LSM9S1.h” ในโปรแกรม Arduino IDE โดยไลบรารี “phyphoxBle.h” จะเป็นส่วนสำหรับการสื่อสารข้อมูลและแสดงผลต่างๆ กับแอปพลิเคชัน phyphox และไลบรารี “Arduino_LSM9S1.h” จะเป็นส่วนสำหรับเซนเซอร์ IMU (Inertial Measurement Unit) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ความเร่ง ไจโรสโคป และเซนเซอร์แม่เหล็ก ที่ติดตั้งมาบนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense โดยชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นแสดงดังภาพที่ 4.2

```
#include <phyphoxBle.h>
#include <Arduino_LSM9DS1.h>

char board_name[] = "PhysicsSWU1";
float choice = 0.0;
float accx, accy, accz, acc;
float gyrx, gyry, gyrz, gyr;
float magx, magy, magz, magn;
unsigned long initial_time, first_time, fourth_time;
float first_difference_float, fourth_difference_float;
unsigned int period = 50;
const int ledPin = 22;
const int ledPin2 = 23;
const int ledPin3 = 24;
void receivedData();
void setup()
{
  PhyphoxBLE::minConInterval = 6;
  PhyphoxBLE::maxConInterval = 6;
  PhyphoxBLE::slaveLatency = 0;
  PhyphoxBLE::timeout = 10;
  pinMode(22, OUTPUT);
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(24, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  digitalWrite(ledPin2, HIGH);
  digitalWrite(ledPin3, HIGH);
  if (!IMU.begin()) {
    while (1);
  }
  PhyphoxBLE::start(board_name);
  PhyphoxBLE::configHandler=&receivedData;
}

void loop()
{
  if(choice == 1.0){
    accelerometerChoice();
  }else if(choice == 2.0){
    gyroscopeChoice();
  }else if(choice == 3.0){
    magnetometerChoice();
  }
}
```

เรียกใช้ Library phyphox และของ IMU sensor

ชื่อบนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense ที่จะแสดงในการเชื่อมต่อบลูทูธ

ประกาศตัวแปรต่างๆ ในการเขียนโปรแกรม

ทำการเชื่อมต่อบลูทูธรับ-ส่งข้อมูล โดยแสดงชื่อของบอร์ดเป็น PhysicsSWU1

- สถานะไฟสีแดง “พร้อมทำงาน”
- สถานะไฟสีเขียว “เชื่อมต่อบลูทูธ” กับสมาร์ทโฟนแล้ว

กำหนดเงื่อนไขการเลือกใช้เซนเซอร์ใน IMU

```

}

void receivedData(){
    if (PhyphoxBLE::currentConnections == 1){
        PhyphoxBLE::read(choice);
        initial_time = millis();
    }
}

void accelerometerChoice() {
    if (IMU.accelerationAvailable()) {
        first_time = millis();
        IMU.readAcceleration(accx, accy, accz);
        first_difference_float = ((float)first_time-(float)initial_time)/1000;
        acc = sqrt(pow(accx, 2) + pow(accy, 2) + pow(accz, 2));
        PhyphoxBLE::write(first_difference_float, accx, accy, accz, acc);
    }
}

void gyroscopeChoice() {
    if (IMU.gyroscopeAvailable()) {
        first_time = millis();
        IMU.readGyroscope(gyrx, gyry, gyrz);
        first_difference_float = ((float)first_time-(float)initial_time)/1000;
        gyr = sqrt(pow(gyrx, 2) + pow(gyry, 2) + pow(gyrz, 2));
        PhyphoxBLE::write(first_difference_float, gyrx, gyry, gyrz, gyr);
    }
}

void magnetometerChoice() {
    if (IMU.magneticFieldAvailable()) {
        first_time = millis();
        IMU.readMagneticField(magx, magy, magz);
        first_difference_float = ((float)first_time-(float)initial_time)/1000;
        magn = sqrt(pow(magx, 2) + pow(magy, 2) + pow(magz, 2));
        PhyphoxBLE::write(first_difference_float, magx, magy, magz, magn);
    }
}
}

```

รับข้อมูลการเลือกชนิดเซนเซอร์ IMU

การเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลของเซนเซอร์ความเร่ง

การเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลของเซนเซอร์ไจโรสโคป

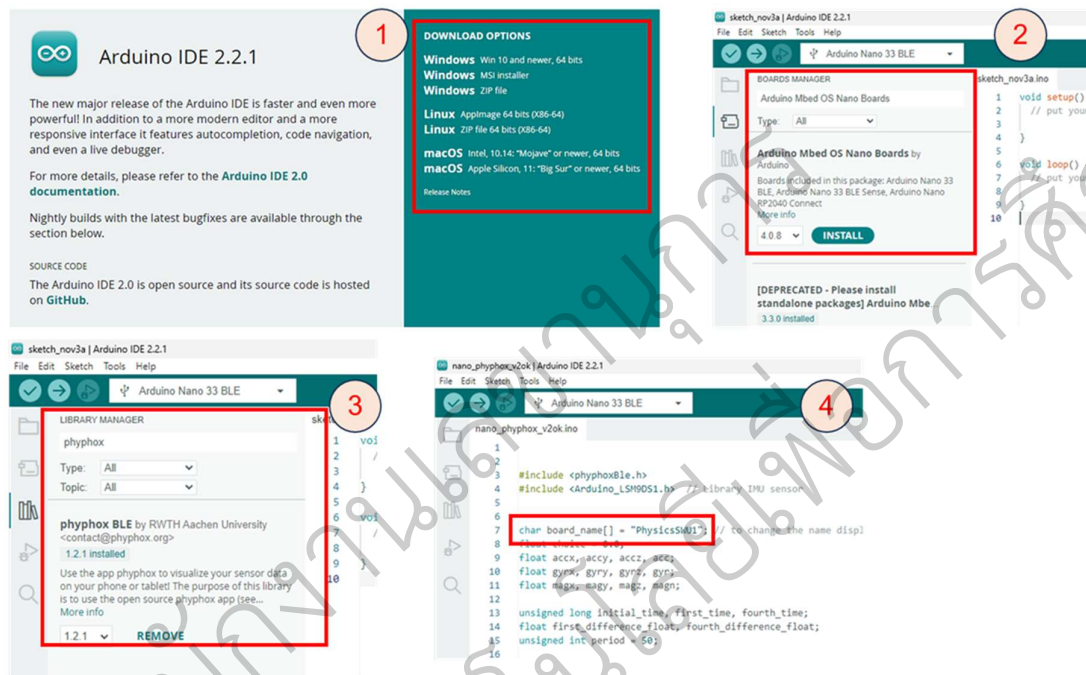
การเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลของเซนเซอร์แม่เหล็ก

ภาพที่ 4.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เวอร์ชัน 2.2.1 และไลบรารีต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.3

1. โหลดโปรแกรม Arduino IDE 2.2.1 จากเว็บไซต์ <https://www.arduino.cc/en/software> และเลือกกระบวนปฏิบัติการสำหรับการติดตั้ง
2. ติดตั้งเวอร์ชันล่าสุดของ Arduino Mbed OS Nano Boards by Arduino โดยไปที่ Tool --> Boards --> Boards Manager และใช้การค้นหาคำว่า “Arduino Mbed OS Nano Boards”

- ติดตั้งไลบรารี phyphoxBle.h และ Arduino_LSM9S1.h โดยไปที่ Tool --> Manage libraries --> และใช้คำค้นว่า “phyphoxBle.h” และ “Arduino_LSM9S1.h”
- ในกรณีที่ใช้บอร์ดหลายตัวในห้องเดียวกัน จำเป็นต้องเปลี่ยนชื่อบอร์ด “PhysicsSWU1” ตามความเหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการเชื่อมต่อบอร์ดกับสมาร์ทโฟน ในโครงการวิจัยนี้จะตั้งชื่อตั้งแต่ PhysicsSWU1 – PhysicsSWU5

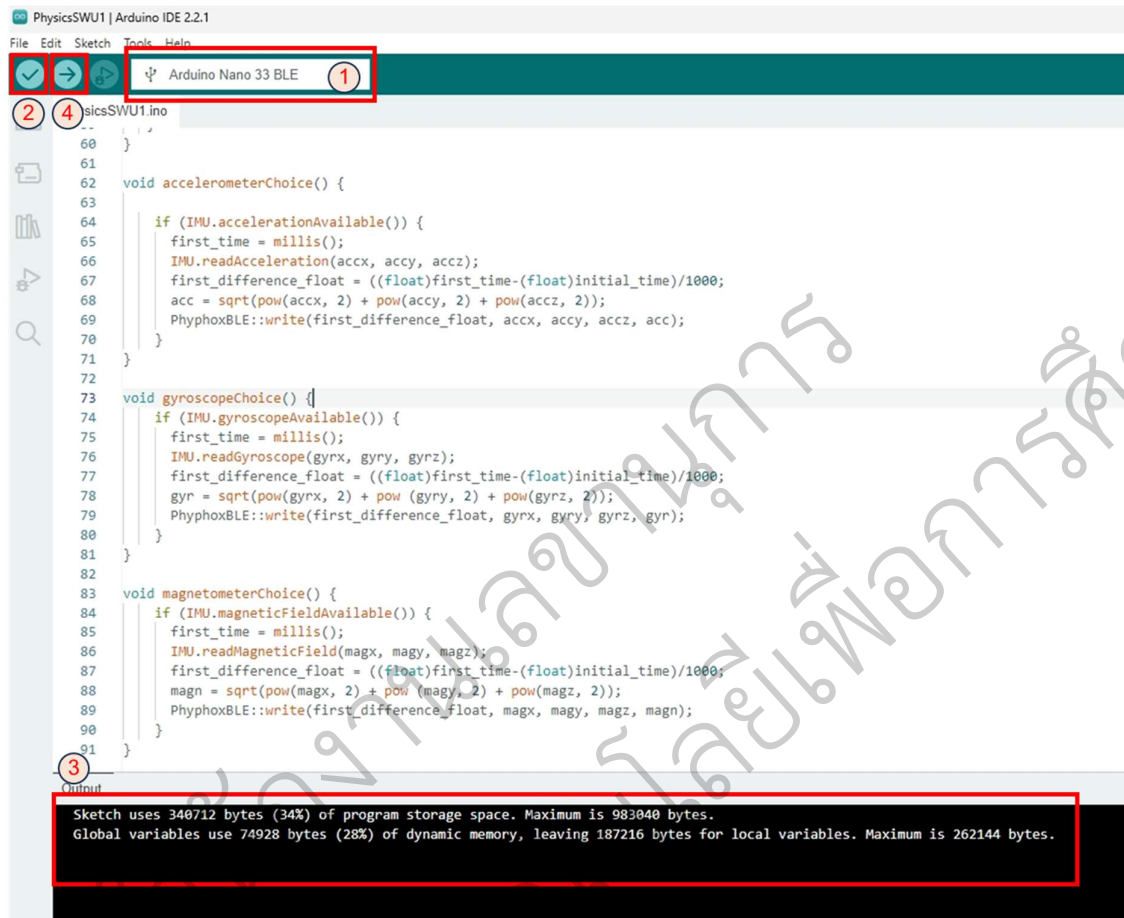


ภาพที่ 4.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE และการติดตั้งไลบรารีต่างๆ

ชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของชุดคำสั่ง (Verify) ว่าเขียนถูกต้องหรือไม่ ก่อนจะทำการอัปโหลด (upload) ลงบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense โดยมีขั้นตอนการดำเนินการตรวจสอบและอัปโหลดชุดคำสั่งดำเนินการดังนี้

- เชื่อมต่อบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense เข้ากับคอมพิวเตอร์ ด้วยสาย micro USB (ต้องเป็นสายแบบส่งข้อมูลหรือ data transfer) เลือกชนิดของบอร์ดให้ตรงตามรุ่น ในที่นี้คือ Arduino Nano 33
- ทำการตรวจสอบชุดคำสั่งโดยคลิกที่เครื่องหมาย 
- ผลการตรวจสอบชุดคำสั่งมีการใช้พื้นที่ 340712 bytes หรือ 34% ของความจุ (ภาพที่ 4.4)

- 4 ทำการอัปโหลดชุดคำสั่งลงบนบอร์ดโดยคลิกที่เครื่องหมายลูกศร และรอจนกระทั่งการอัปโหลดเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 4.4 การตรวจสอบชุดคำสั่งและการอัปโหลดชุดคำสั่ง

4.1.3 การพัฒนาส่วนแอปพลิเคชัน phyphox

แอปพลิเคชัน phyphox เป็นแอปพลิเคชันแบบ Open Source จะมีส่วนที่ให้ผู้ใช้งานหรือ user ได้พัฒนาแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน และยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้ เพื่อใช้เซ็นเซอร์อื่นๆ ในการเก็บข้อมูลการทดลองทางฟิสิกส์ โดยในโครงการวิจัยนี้จะใช้เซ็นเซอร์ความเร่ง ไจโรสโคป และเซ็นเซอร์แม่เหล็ก ของเซ็นเซอร์ LSM9DS1 ที่อยู่บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense ในการเก็บข้อมูลการทดลอง โดยมีการขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (แสดงตัวอย่างของการเขียนแอปพลิเคชันสำหรับไจโรสโคป)

1. เข้าไปที่เว็บไซต์ <https://phyphox.org/editor/> (ภาพที่ 4.5)

- หน้าต่าง Main จะต้องกรอกข้อมูลการทดลอง (Experiment information) กรอกข้อมูลที่สำคัญในหน้า Main เช่น Title (ชื่อของเซนเซอร์) และ Category (หมวดหมู่ในที่นี่จะอยู่ในหมวดของ Arduino Experiment) (ภาพประกอบที่ 5)

Editor-Test x +

← → C phyphox.org/editor/ 1

Main Input Output Views Analysis Export → XML Download/Transfer

Experiment information

Information about this experiment like its title, icon and description.

2 Title Gyroscope ชื่อเซนเซอร์
2 Translations

Category Arduino Experiments หมวดหมู่
2 Translations

Icon [Orange Square] รูปภาพ

Color [Empty Field]

Description Plot of angular velocity by Arduino Nano 33 BLE sense คำอธิบาย
2 Translations

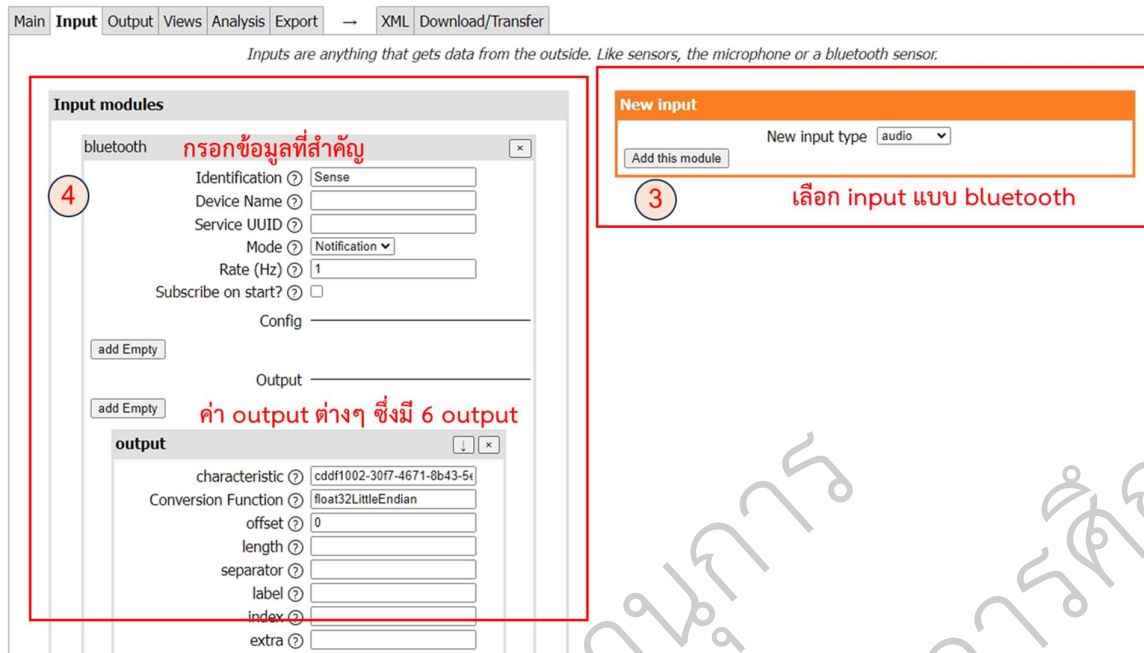
Label of new Link [Empty Field]

Add a web link

Default locale en

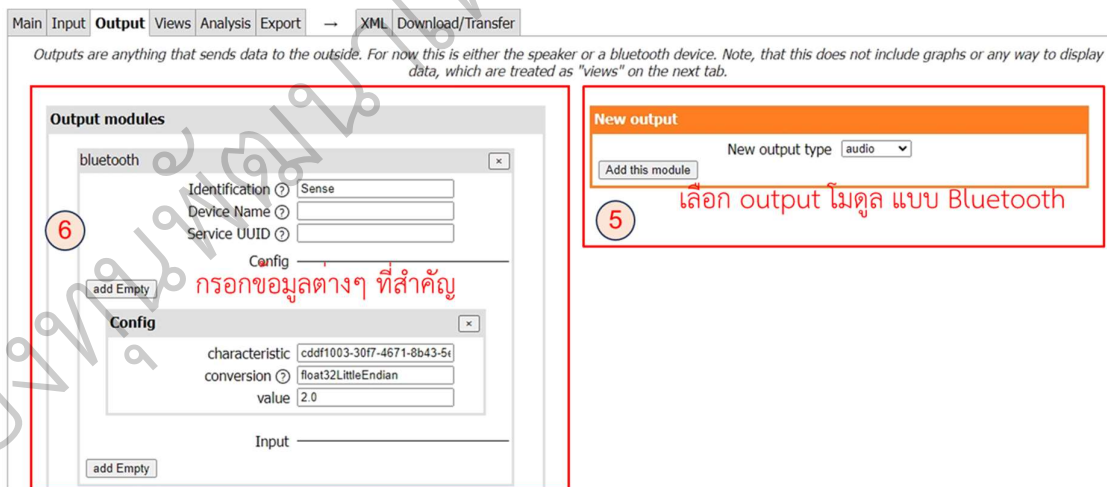
ภาพที่ 4.5 หน้า Main และการกรอกข้อมูลต่าง ๆ

- หน้าต่าง Input สำหรับ New input เลือก New input type เป็น Bluetooth และคลิกที่ “Add this module” (ภาพที่ 4.6)
- ที่หน้า Input modules กรอกข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญ (ภาพที่ 4.6)



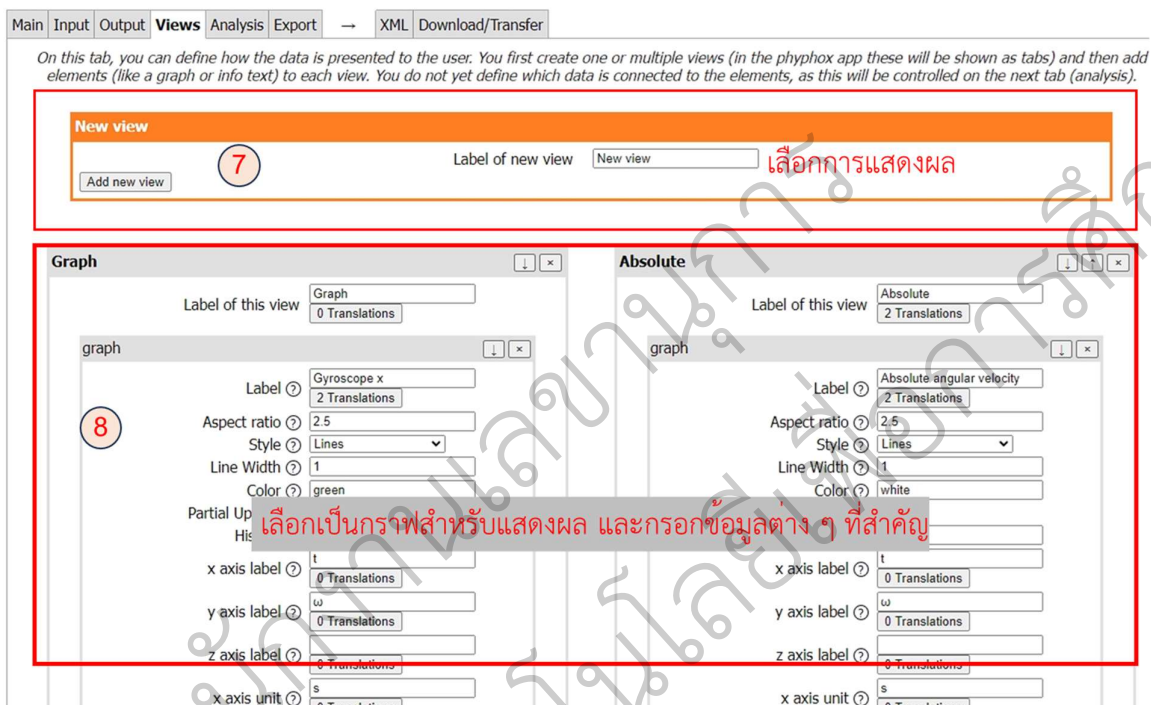
ภาพที่ 4.6 หน้า Input ของการเลือกชนิดเซนเซอร์ขาเข้า

5. หน้าต่าง Output สำหรับ New output เลือก New output type เป็น Bluetooth และคลิกที่ “Add this module” (ภาพที่ 4.7)
6. จะปรากฏหน้าต่าง Output modules ที่เป็น Bluetooth และต้องกรอกข้อมูลต่างๆ ที่ระบุตัวบอร์ด (ภาพที่ 4.7)



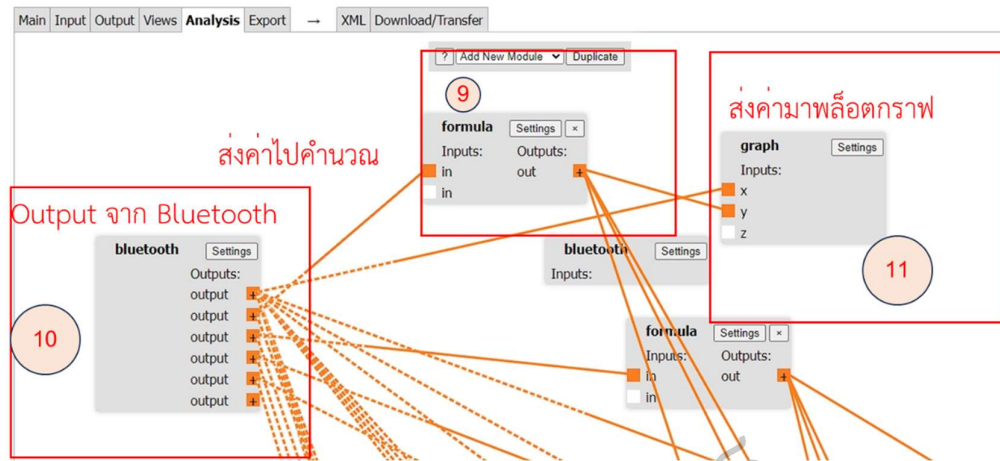
ภาพที่ 4.7 หน้าต่าง Output การกรอกข้อมูล Output ที่จะส่งออกจากบลูทูธ

7. หน้าต่าง Views จะเป็นการแสดงผลข้อมูลที่บันทึกได้จากเซนเซอร์ หรือการแสดงผลข้อความหรือค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์ การเลือกชนิดของการแสดงผลข้อมูลจะต้องทำการเลือกที่ New view ระบุชนิด และคลิกที่ Add new view (ภาพที่ 4.8)
8. จะปรากฏหน้าต่างและเลือกการแสดงผลข้อมูลเช่น Graph, Value, Info หรืออื่นๆ และกรอกข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญ (ภาพที่ 4.8)



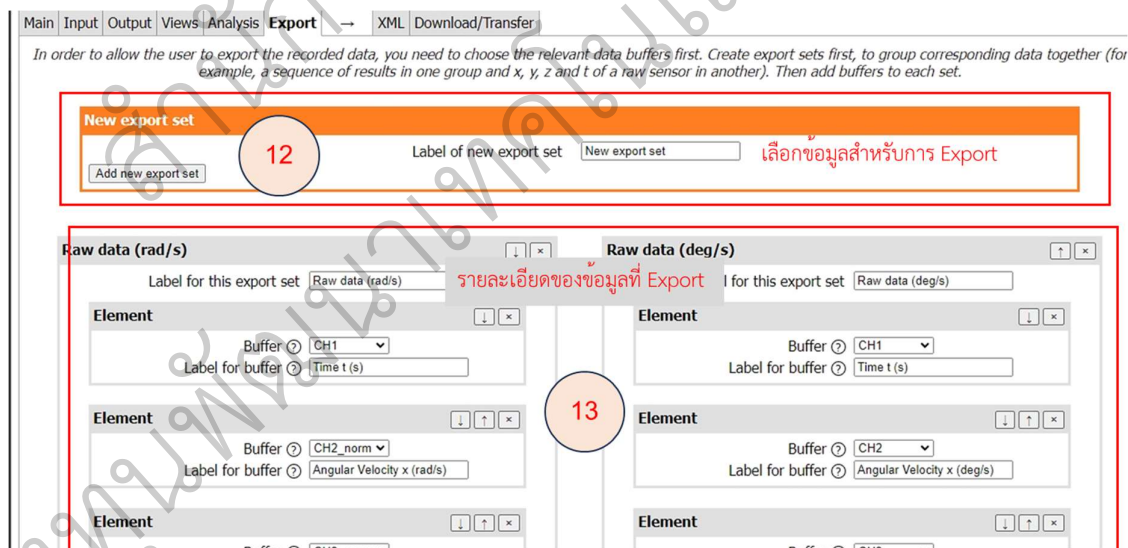
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ

9. หน้าต่าง Analysis จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล และเอาค่าต่างๆ มาแสดงผล โดยจะต้องส่งค่าจากเซนเซอร์มาคำนวณก่อนซึ่งสามารถ Add New Module โดยเลือก formula สำหรับทำการคำนวณค่าจากเซนเซอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนจากมุมมองสถิติเป็นเรเดียน (ภาพที่ 4.9)
10. ตำแหน่งของ output จาก Bluetooth จะถูกส่งไปคำนวณค่าและพล็อตเป็นกราฟ โดยการคลิกและลากเส้น (ภาพที่ 4.9)
11. หน้าต่างของกราฟสำหรับพล็อตค่าจาก output (ภาพที่ 4.9)



ภาพที่ 4.9 หน้า Analysis สำหรับการเอาค่าต่างๆ จาก Output มาวิเคราะห์และส่งไปแสดงผล

12. หน้าต่าง Export จะแสดงข้อมูลสำหรับการ Export ข้อมูลที่บันทึกได้ โดยที่ New export set ทำการตั้งชื่อในส่วนช่อง Label of new export set และคลิกที่ “Add new export set” (ภาพที่ 4.10)
13. กรอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ของการ export ข้อมูล (ภาพที่ 4.10)



ภาพที่ 4.10 หน้าต่าง Export แสดงข้อมูลต่างๆ สำหรับการส่งข้อมูลออกไป

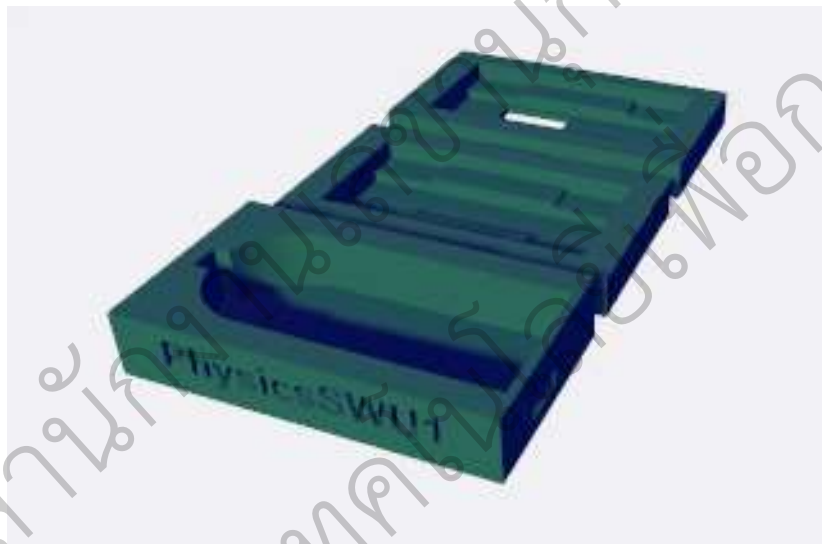
14. หน้าต่าง Download/Transfer จะเป็นหน้าต่างสำหรับการโหลด Experiment ที่สร้างขึ้น โดย จะทำการคลิกที่ “Generate online QR code” (ภาพที่ 4.11)
15. แสแกน QR code ด้วยแอปพลิเคชัน phyphox (ภาพที่ 4.11)
16. การแสกนด้วยแอปพลิเคชัน phyphox ทำโดยการกดเครื่องหมาย + ที่มุมขวาบน และเลือก Add new experiment from QR code (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 วิธีการโหลด Experiment ด้วยวิธีการ QR code

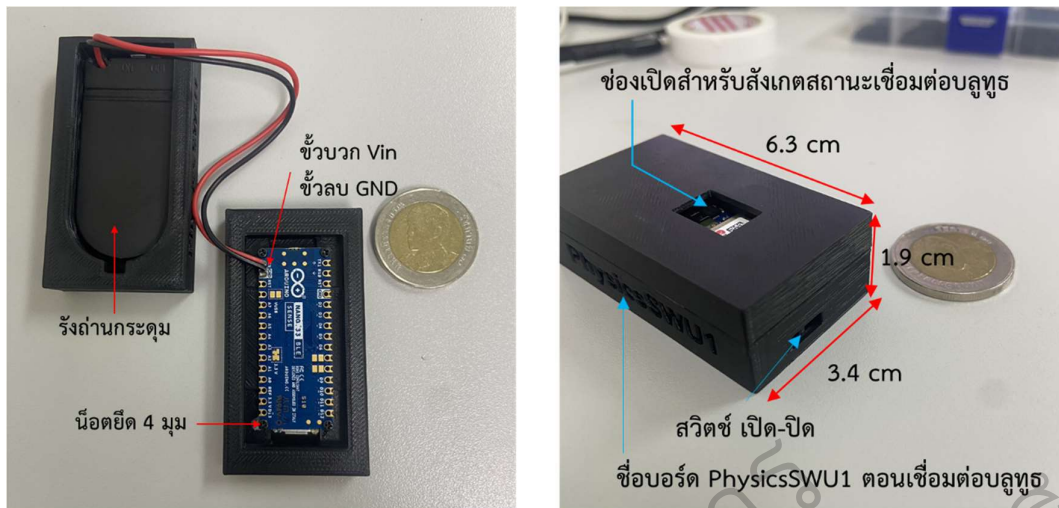
4.1.4 ผลการทดสอบชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สาย

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับใช้กับบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense สามารถใช้ได้ 2 แบบ คือต่อเข้ากับสาย USB หรือจะใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อกับขา Vin และ GND โดยใช้ความต่างศักย์ที่ 4.5 – 21 โวลต์ เพื่อให้สะดวกต่อการทำการทดลองทางฟิสิกส์ จะเลือกใช้แหล่งพลังงานแบบถ่านกระดุมรุ่น CR2023 ขนาด 3 โวลต์ ความจุไฟฟ้า 200 mAh จำนวน 2 ก้อนต่ออนุกรมกัน ซึ่งจะทำให้มีความต่างศักย์ 6 โวลต์ โดยต่อขั้วบวกที่ Vin และขั้วลบที่ GND และทำการบรรจุบอร์ดและถ่านกระดุมในกล่องใส่อุปกรณ์ ซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม 3 มิติ 123D Design และพิมพ์ด้วยเส้นพอลิเมอร์ชนิด ABS สีดำ ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ภาพที่ 4.12 แสดงภาพ 3 มิติของกล่องใส่อุปกรณ์



ภาพที่ 4.12 ภาพ 3 มิติ ของกล่องใส่บอร์ดและถ่านกระดุม

ภาพที่ 4.13 แสดงการบรรจุถ่านและบอร์ด Arduino Nano 33 BLE ในกล่องที่ออกแบบไว้ โดยทำการยึดบอร์ดด้วยสกรูทั้ง 4 มุม ของบอร์ดเพื่อความมั่นคงแข็งแรง หลังจากประกอบจะมีลักษณะขนาด 34x63x19 มม. (กว้างxยาวxสูง) และมีน้ำหนัก 30.8 กรัม ด้านข้างของตัวกล่องจะระบุชื่อบอร์ด PhysicsSWU1 ไว้ เพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนและบอร์ดได้อย่างถูกต้อง ด้านบนจะมีช่องเปิดสำหรับสังเกตไฟสถานะการเชื่อมต่อบลูทูธ และมีช่องสำหรับสวิตช์แบบเลื่อน เปิด-ปิด



ภาพที่ 4.13 กล่องใส่อุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายโดยใช้แหล่งพลังงานแบบรังถ่านกระดุม

การเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ Arduino Nano 33 BLE sense ร่วมกับสมาร์ทโฟนด้วยแอปพลิเคชัน phyphox ดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 4.14)

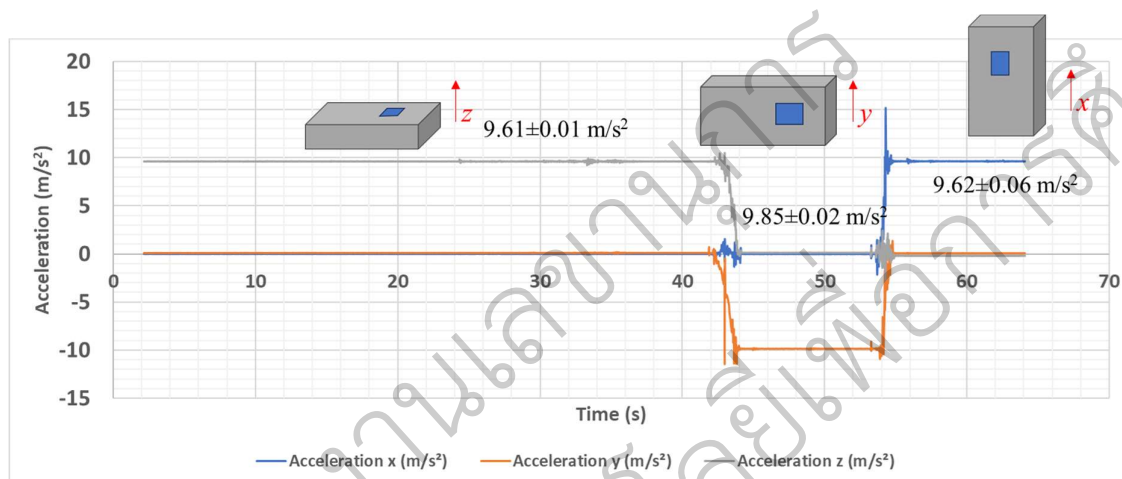
1. เปิดสวิตช์ของบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense บอร์ดจะแสดงไฟสถานะสีแดง
2. เปิดแอปพลิเคชัน phyphox ในตัวอย่างจะเลือกใช้งาน Gyroscope ที่อยู่ในหมวด Arduino Experiments
3. เลือกอุปกรณ์เชื่อมต่อบลูทูธชื่อ “PhysicsSWU1”
4. เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จบอร์ดจะแสดงสถานะไฟสีเขียว และกดปุ่ม ▶ เพื่อทำการบันทึกค่าความเร่งเชิงมุมด้วยเซนเซอร์ไจโรสโคป
5. ภาพที่ 4.14 ล่างซ้าย-ขวา แสดงการบันทึกค่าอัตราเร็วเชิงมุมที่แอปพลิเคชัน phyphox แสดงเป็นกราฟและค่าที่บันทึกได้ในแนวแกน x y และ z ของเซนเซอร์ไจโรสโคป



ภาพที่ 4.14 ขั้นตอนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Arduino Nano 33 BLE sense ร่วมกับสมาร์ทโฟน และการใช้งานเบื้องต้น

4.1.4.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์ความเร่ง

การทดสอบการใช้งานเซนเซอร์ความเร่ง LSM9DS1 บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense จะทำการวางทดสอบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการวางเซนเซอร์ Arduino นิ่งๆ บนพื้นระดับ และทำการวัดความเร่งในแต่ละแนวแกนของเซนเซอร์เทียบกับเวลา โดยเก็บค่าความเร่งที่มีความถี่ 104 Hz ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.15 ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่วัดได้ในแกน x y และ z จะมีค่า $9.61 \pm 0.01 \text{ m/s}^2$, $9.85 \pm 0.02 \text{ m/s}^2$ และ $9.62 \pm 0.06 \text{ m/s}^2$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2 ซึ่งต่างกันน้อยกว่า 3 %

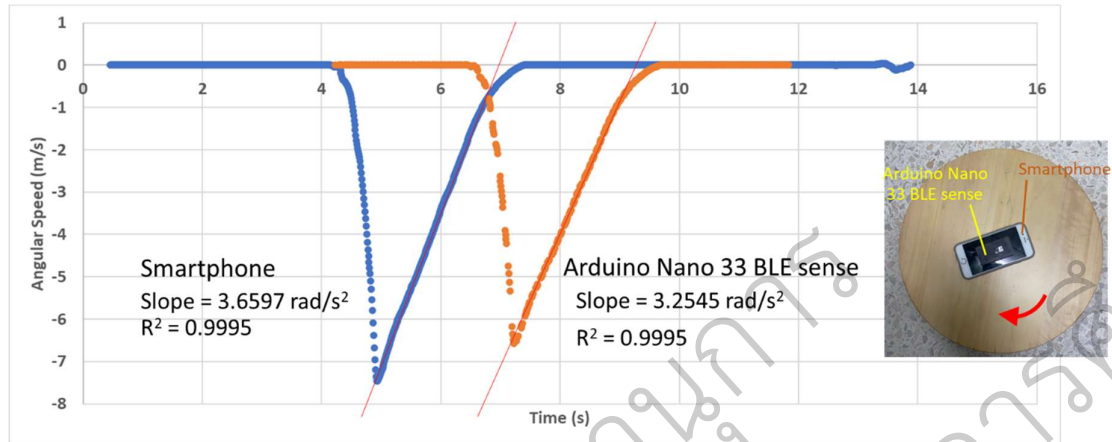


ภาพที่ 4.15 การทดสอบความเร่งเซนเซอร์ความเร่ง

4.1.4.2 ผลการทดสอบเซนเซอร์ไจโรสโคป

การทดสอบการใช้งานเซนเซอร์ไจโรสโคป LSM9DS1 บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense จะทำการวัดความเร็วเชิงมุมเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ไจโรสโคปในสมาร์ทโฟน (iPhone 6s) ในการทดสอบจะสมาร์ทโฟน iPhone 6s บนจานหมุน และวางชุดเซนเซอร์ Arduino บนสมาร์ทโฟน แล้วทำการหมุนจานหมุนแล้วปล่อยให้หยุด ผลการทดลองที่ได้จากการวัดความเร็วเชิงมุมในแนวแกน z จากเซนเซอร์ทั้งสอง แสดงดังภาพที่ 4.16 ซึ่งมีลักษณะกราฟที่คล้ายกัน แต่เวลาเริ่มบันทึกค่าต่างกัน (กดเริ่มบันทึกค่าที่เวลาต่างกัน) จึงทำให้ตำแหน่งเริ่มต้นต่างกัน ค่าของความเร็วเชิงมุมติดลบเนื่องจากหมุนทวนเข็มนาฬิกา และค่าที่วัดได้มากที่สุดจากสมาร์ทโฟนและ Arduino คือ -7.46 rad/s และ -6.56 rad/s ตามลำดับ ซึ่งต่างกันประมาณ 12 % และเมื่อเปรียบเทียบจากความชันของเส้นกราฟ พบว่ามีความชัน 3.6597 rad/s^2 และ 3.2549 rad/s^2 (ค่า R^2 มากกว่า 0.99) ซึ่งต่างกันประมาณ 11 % และเมื่อวางเซนเซอร์ Arduino นิ่งๆ บนพื้นระดับค่าความเร็วเชิงมุม

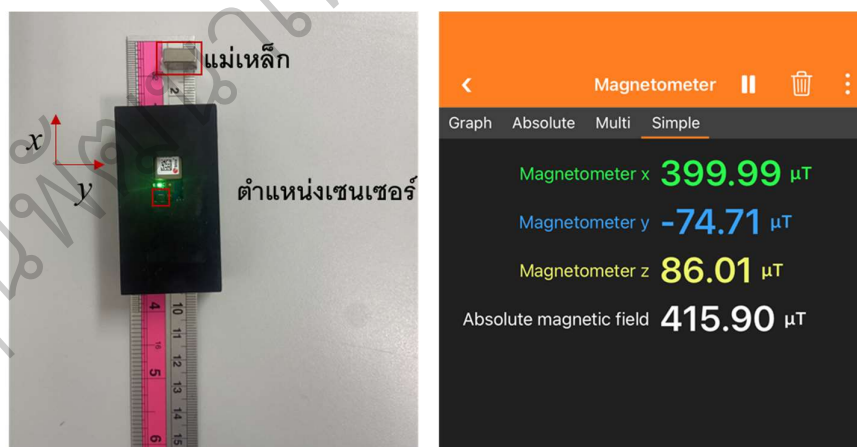
ที่วัดได้มีค่าเป็นศูนย์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำใช้ชุดเซนเซอร์ Arduino Nano 33 BLE sense ในการวัดอัตราเร็วเชิงมุมได้



ภาพที่ 4.16 การทดสอบเซนเซอร์ไจโรสโคปโดยเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ของสมาร์ทโฟน

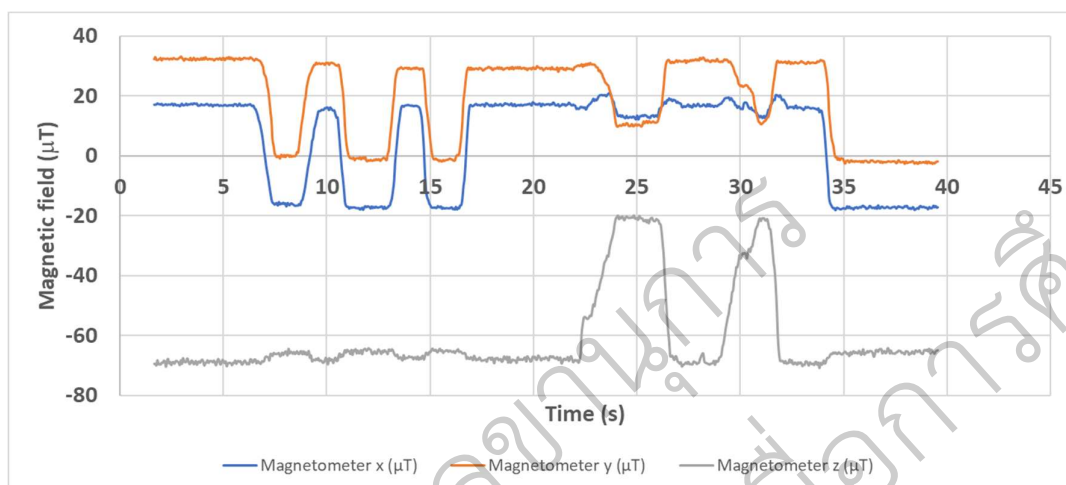
4.1.4.3 ผลการทดสอบเซนเซอร์แม่เหล็ก

การทดสอบการใช้งานเซนเซอร์แม่เหล็ก LSM9DS1 บนบอร์ด Arduino Nano 33 BLE sense ได้ทำการทดสอบเซนเซอร์แม่เหล็กโดยการวัดสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวร ดังแสดงในภาพที่ 4.17 ซ้ายมือ และภาพที่ 4.17 ขวามือ แสดงค่าสนามแม่เหล็กในแนวแกน x, y และ z ที่อ่านได้ โดยค่ามากที่สุดจะอยู่ที่แนวแกน x เนื่องจากการวางอุปกรณ์เซนเซอร์ในลักษณะที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และอ่านค่าได้มากที่สุด 400 μT



ภาพที่ 4.17 การทดสอบเซนเซอร์แม่เหล็ก

ภาพที่ 4.18 แสดงกราฟของสนามแม่เหล็กที่บันทึกได้จากเซนเซอร์สนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา โดยทำการหมุนเซนเซอร์เป็นมุม 90 องศา ในแนวแกน x y และ z เพื่อทดสอบการบันทึกค่าของสนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา ซึ่งสามารถวัดค่าได้ โดยมีความถี่ในการเก็บข้อมูลที่ 104 Hz



ภาพที่ 4.18 การใช้เซนเซอร์แม่เหล็กวัดสนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา

4.1.4.4 ผลการทดสอบระยะเวลาการใช้งานชุดอุปกรณ์เซนเซอร์

ผลการทดสอบระยะเวลาการใช้งานชุดเซนเซอร์เมื่อเชื่อมต่อเข้ากับสมาร์ทโฟนและทำการบันทึกค่าสนามแม่เหล็กจากเซนเซอร์แสดงดังภาพที่ 4.19 โดยใช้แหล่งพลังงานเป็นถ่าน CR2023 จำนวน 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน พบว่า ระยะเวลาที่สามารถใช้งานได้สูงสุดประมาณ 58 นาที จนทำให้แรงดันไฟฟ้าตก (ไฟ LED จะมีการกระพริบ) ทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณบลูทูธได้ และเมื่อปิดและเปิดสวิตช์ใหม่สามารถใช้งานได้ประมาณ 10 นาที ในครั้งที่ 2 และครั้งถัดๆ ไปจะใช้งานได้ประมาณ 5 นาที และสำหรับครั้งที่ 6 จะเป็นช่วงเวลาที่ถึงระยะปิดสวิตช์นานสุด ก่อนที่จะทำการเปิดสวิตช์ใช้งานอีกครั้ง ทำให้สามารถใช้งานได้นานเพิ่มมากขึ้นเป็น 8 นาที (ภาพที่ 4.19 กราฟด้านใน) จากผลการทดสอบระยะเวลาการทำงานของชุดอุปกรณ์เซนเซอร์เมื่อใช้แหล่งพลังงานเป็นถ่านกระดุม CR2023 ซึ่งเพียงพอในการใช้งานสำหรับทำการทดลองฟิสิกส์หรือสาธิตการทดลองฟิสิกส์ในชั้นเรียนได้ แต่อย่างไรก็ตามควรจะทำการพัฒนาแหล่งพลังงานแบบชาร์ตไฟฟ้าได้ต่อไป โดยใช้แหล่งพลังงานแบบแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่านกระดุมเมื่อถ่านหมด



ภาพที่ 4.19 ผลการทดสอบการใช้งานชุดเซนเซอร์

4.1.5 ผลการประเมินชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สาย

ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนจะถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งมีหน้าที่สอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และมีความเชี่ยวชาญด้านอุปกรณ์ IoT และระบบเซนเซอร์ต่างๆ โดยมีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.1 โดยผลประเมินในแต่ละหมวด(ด้านอุปกรณ์ ด้านฟังก์ชันการทำงาน และด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน) ส่วนใหญ่อยู่ในอยู่ระดับ “ดี” และ “ดีมาก” และมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ในเรื่องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในชุดอุปกรณ์เซนเซอร์แบบไร้สายเพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น จากคำแนะนำของผู้ประเมินได้ทำการเปลี่ยนแหล่งกำเนิดเป็นแหล่งกำเนิด USB แบบ 5 โวลต์ แสดงดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 แหล่งกำเนิดพลังงานเป็น USB และ QR code แสดงการใช้งานและการทดสอบอุปกรณ์

ตารางที่ 4.1 ผลสรุปแบบประเมินสื่อนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สาย
โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน

ลำดับ	รายการประเมิน	คนที่ 1	คนที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
ด้านอุปกรณ์					
1	เลือกใช้อาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม (Arduino Nano 33 BLE sense)	5	5	5	ดีมาก
2	สามารถติดตั้งและใช้งานได้ง่าย	5	5	5	ดีมาก
3	มีประสิทธิภาพการทำงานได้ยาวเพียงพอสำหรับการทดลองฟิสิกส์	4	5	4.5	ดีมาก
4	เซนเซอร์ความเร่งเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ	5	4	4.5	ดีมาก
5	เซนเซอร์ไจโรสโคปเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ	5	4	4.5	ดีมาก
6	เซนเซอร์แม่เหล็กเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ	4	4	4	ดี
7	มีความรวดเร็วในการทำงาน	5	5	5	ดีมาก
ด้านฟังก์ชันการทำงาน					
1	ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน	5	5	5	ดีมาก
2	มีฟังก์ชันทำงานได้อย่างถูกต้อง	5	4	4.5	ดีมาก
3	การประมวลผลของแอปพลิเคชันมีความรวดเร็ว	5	5	5	ดีมาก
4	แอปพลิเคชันมีความน่าเชื่อถือ	5	4	4.5	ดีมาก
5	ฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ง่าย	5	5	5	ดีมาก
ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน (Opensource: phyphox)					
1	สีและขนาดตัวอักษรบนจอภาพมีความเหมาะสม	5	5	5	ดีมาก
2	ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายมีความเหมาะสม	5	5	5	ดีมาก
3	การแสดงผลกราฟและค่าต่างๆที่รับจากเซนเซอร์มีความเหมาะสม	5	5	5	ดีมาก
4	การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมายมีความเหมาะสม	5	5	5	ดีมาก
5	การวางตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ บนจอภาพมีความเหมาะสม	5	4	4.5	ดีมาก

4.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดเซนเซอร์ร่วมกับสมาร์ทโฟน

คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างสื่อวัตกรรมการทดลอง/การสาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้นร่วมกับสมาร์ทโฟนในหัวข้อต่างๆ ทางฟิสิกส์ จำนวน 10 เรื่อง (ภาคผนวก ข) ทำการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ และสร้างแบบทดสอบสำหรับนำไปศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน/หลังเรียน (ภาคผนวก ฉ) และนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่ใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟนในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการ “ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน” ในหัวข้อกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ดังนี้

- เรื่องที่ 1 กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน
- เรื่องที่ 2 การกลิ้งของทรงกระบอก
- เรื่องที่ 3 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
- เรื่องที่ 4 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
- เรื่องที่ 5 เพนดูลัมอย่างง่าย
- เรื่องที่ 6 ฟิสิกส์เพนดูลัม
- เรื่องที่ 7 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม
- เรื่องที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร่งคงที่
- เรื่องที่ 9 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร็วคงที่
- เรื่องที่ 10 โมเมนตัมและการดล



ตัวแปรตาม

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อกลศาสตร์ ทั้ง 10 เรื่อง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์สำหรับการใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน

4.3 ผลการประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการเรีนรู้รายวิชาฟิสิกส์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงผลสรุปการประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ทั้ง 10 เรื่อง โดยแบ่งการประเมินเป็น 3 ด้านคือ ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/การสาธิต ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง และด้านข้อมูลการทดลอง โดยผลการประเมินอยู่ในระดับคะแนน 4 คะแนน และ 5 คะแนน

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินสื่อวัตกรรมฯ โดย รศ.ดร.สมักร์ พิมานแพง

ลำดับ	รายการประเมิน	การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/สาธิต											
1	วัตถุประสงค์สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการทดลอง	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเขียนได้กระชับและถูกต้องตามหลักวิชาการ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	วัสดุและอุปกรณ์ครบถ้วน	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4
4	ออกแบบวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลอง/สาธิตอ่านเข้าใจการทดลอง/สาธิตได้อย่างง่ายและกระชับ	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4
5	แบบบันทึกผลการทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4
6	การทดลอง/สาธิตสามารถทำการทดลอง/สาธิตได้เสร็จทันในเวลา 2 ชั่วโมง	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5
ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง											
1	อุปกรณ์การทดลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหา	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4
2	อุปกรณ์การทดลองใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5
3	อุปกรณ์มีความคงทน	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4
4	สามารถทำการทดลอง/สาธิตได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองที่สอดคล้องกับทฤษฎี	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4
ด้านข้อมูลการทดลอง											
1	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตสามารถอ่านผลการทดลอง/สาธิตได้ง่าย	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5
2	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับทฤษฎี	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินสื่อนวัตกรรมฯ โดย ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์

ลำดับ	รายการประเมิน	การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/สาธิต											
1	วัตถุประสงค์สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการทดลอง	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเขียนได้กระชับและถูกต้องตามหลักวิชาการ	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5
3	วัสดุและอุปกรณ์ครบถ้วน	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5
4	ออกแบบวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลอง/สาธิตอ่านเข้าใจการทดลอง/สาธิตได้อย่างง่ายและกระชับ	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5
5	แบบบันทึกผลการทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทดลอง	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4
6	การทดลอง/สาธิตสามารถทำการทดลอง/สาธิตได้เสร็จทันในเวลา 2 ชั่วโมง	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5
ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง											
1	อุปกรณ์การทดลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหา	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4
2	อุปกรณ์การทดลองใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
3	อุปกรณ์มีความคงทน	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5
4	สามารถทำการทดลอง/สาธิตได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองที่สอดคล้องกับทฤษฎี	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4
ด้านข้อมูลการทดลอง											
1	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตสามารถอ่านผลการทดลอง/สาธิตได้ง่าย	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4
2	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับทฤษฎี	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4

4.4 ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์

การประเมินเจตคติทางฟิสิกส์สำหรับการทดลองฟิสิกส์ด้วยการใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ตโฟน แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งมีรายการประเมินจำนวน 10 หัวข้อ โดยผลการประเมินเฉลี่ยในแต่ละหัวข้ออยู่ในระดับ “ดี” (มากกว่า 4) ซึ่งนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการนำสมาร์ตโฟนและเซนเซอร์มาใช้ในห้องเรียน แต่ยังมีบางส่วนยังประเมินเกี่ยวกับเรื่องการเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจในรายวิชาฟิสิกส์ (รายการประเมินที่ 8) โดยประเมินในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าระดับ “พอใช้” (ต่ำกว่า 3)

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิต (มัธยมศึกษา) มหาวิทยาลัยศิลปากร
จำนวน 40 คน

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน (เปอร์เซ็นต์)					ค่าเฉลี่ย
		5	4	3	2	1	
1	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนและเซนเซอร์ในการทดลองทางฟิสิกส์สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจวิชาฟิสิกส์ได้เพิ่มมากขึ้นได้	43.90	43.90	12.20	0	0	4.32
2	นักเรียนเชื่อมั่นในความสามารถของนักเรียนในการทำทดลองทางฟิสิกส์โดยใช้สมาร์ทโฟน	42.50	42.50	12.50	2.50	0	4.25
3	นักเรียนพบว่าแนวคิดในการใช้สมาร์ทโฟนสำหรับการทดลองฟิสิกส์เป็นนวัตกรรมใหม่และน่าตื่นเต้น	61.0	29.15	9.85	0	0	4.51
4	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนสำหรับการทดลองฟิสิกส์สามารถทำให้กระบวนการเรียนรู้มีส่วนร่วมและโต้ตอบได้มากขึ้น	48.80	31.70	19.50	0	0	4.29
5	นักเรียนเปิดรับการสำรวจวิธีใหม่ๆ ในการทำการทดลองทางฟิสิกส์ แม้ว่าทดลองเหล่านั้นเกี่ยวข้องกับการใช้สมาร์ทโฟนก็ตาม	56.10	34.10	9.80	0	0	4.46
6	นักเรียนคิดว่าการนำสมาร์ทโฟนมาใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์สามารถช่วยให้ฉันพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาได้	43.90	36.60	19.50	0	0	4.24
7	นักเรียนยินดีที่จะใช้เวลาและความพยายามในการเรียนรู้วิธีใช้สมาร์ทโฟนเพื่อการทดลองทางฟิสิกส์อย่างมีประสิทธิภาพ	41.50	43.90	9.80	4.80	0	4.21
8	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์จะช่วยให้ฉันเพิ่มความสนใจและความสนใจในวิชานี้ได้	53.70	29.30	12.20	2.40	2.40	4.29
9	นักเรียนคิดว่าการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์สามารถทำให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ฉันเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้	48.80	31.70	17.10	2.40	0	4.27
10	นักเรียนตื่นตัวกับศักยภาพของการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์เพื่อยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้โดยรวมกัน	56.10	31.70	9.80	2.40	0	4.41

4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการรู้รายวิชาฟิสิกส์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้การทดลอง/การสาธิต ในหัวข้อต่างๆ ทางฟิสิกส์ในจำนวน 10 เรื่อง ด้วยการใช้สื่อนวัตกรรมชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนแบบไร้สายร่วมกับ สมาร์ทโฟน โดยใช้แบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ (เรื่องละ 3 ข้อ) ที่ผ่านการได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	$S. D.$	t
ก่อนเรียน	40	9.40	4.13	29.12
หลังเรียน	40	22.13	3.83	

จากตารางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.40 คะแนน และ 22.13 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียน ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดูโนแบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนบนแอปพลิเคชัน phyphox ผลการพัฒนาชุดเซนเซอร์ฯ สามารถวัดปริมาณต่างๆ ในการทดลองฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง คือ ค่าความเร่ง ค่าอัตราเร็วเชิงมุม และค่าสนามแม่เหล็ก และได้ทำการออกแบบการทดลอง/การสาธิตในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องกลศาสตร์ เพื่อสร้างเป็นสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ จำนวน 10 เรื่อง คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (1 เรื่อง) กฎของนิวตัน (1 เรื่อง) การเคลื่อนที่แบบสั่น (2 เรื่อง) การเคลื่อนที่แบบวงกลม (3 เรื่อง) แรงเสียดทาน (2 เรื่อง) โมเมนตัมและการดล (1 เรื่อง) และนักเรียนที่ได้รับการสอนจากชุดสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ทั้ง 10 เรื่อง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 29.12$) นอกจากนี้ผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ “ดี”

5.2 อภิปรายผล

การพัฒนาชุดเซนเซอร์อาร์ดูโนแบบไร้สายที่ใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนที่ได้สร้างและพัฒนาขึ้นมา มีลักษณะที่สะดวกต่อการใช้งานในการทำการทดลองทางฟิสิกส์/การสาธิตการทดลองฟิสิกส์ เนื่องจากมีขนาดเล็ก กะทัดรัด และมีเซนเซอร์ต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในอุปกรณ์เช่นเดียวกันกับเซนเซอร์ของสมาร์ทโฟน เช่น เซนเซอร์ความเร่ง เซนเซอร์ไจโรสโคป และเซนเซอร์แม่เหล็ก ที่สามารถบันทึกค่าปริมาณต่างๆ (ค่าความเร่ง อัตราเร็วเชิงมุม และสนามแม่เหล็ก) ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ชุดเซนเซอร์ฯ นี้เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการทดลอง/การสาธิตโดยเฉพาะการทดลอง/การสาธิตที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ โดยมีการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนและสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน phyphox ที่อยู่บนมือถือ ที่สะดวกและใช้งานง่าย เนื่องจากนักเรียนและครูมีความคุ้นเคยกับการใช้สมาร์ทโฟนอยู่แล้ว ชุดเซนเซอร์ฯ นี้สามารถจะนำมาใช้ทดแทนการใช้สมาร์ทโฟน (เซนเซอร์ภายในสมาร์ทโฟนที่ใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันที่เหมาะสม) ในการทดลองฟิสิกส์ เนื่องจากการทดลองฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องกลศาสตร์ที่ใช้เซนเซอร์ของสมาร์ทโฟนในการบันทึกผลการทดลอง เช่น การเคลื่อนที่แบบกลิ้ง การเคลื่อนที่วงกลม การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โมเมนตัมและการดล (Putthrugsa, 2016; Gianino, 2020; Nuryantini, 2018; Jesus, 2016) จำเป็นต้องใช้สมาร์ทโฟนติดกับวัตถุที่เคลื่อนที่ เช่น ทรงกระบอก หรือติดบนม้าหมุนที่กำลังเคลื่อนที่ ซึ่งอาจจะทำให้สมาร์ทโฟนเกิดความเสียหายได้ นอกจากนี้สมาร์ทโฟนยังมีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการทดลองฟิสิกส์

ชุดสื่อนวัตกรรมกรรมการทดลอง/การสาธิตที่ใช้ชุดเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้น ได้ออกแบบการทดลอง/การสาธิตในเรื่องที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีฟิสิกส์ สามารถนำมาใช้ทดลอง/สาธิตในห้องเรียนได้สะดวก เพราะขนาดของชุดทดลองเหมาะสม วัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสำหรับชุดสื่อนวัตกรรมฯ หาได้ง่าย ราคาไม่แพง นักเรียนที่ได้รับการสอนจากชุดสื่อนวัตกรรมฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ชุดเซนเซอร์ฯ สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้เพิ่มมากขึ้น จากการสังเกตของครูผู้สอนในชั้นเรียนประกอบกับผลการประเมินเจตคติทางฟิสิกส์ พบว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการนำสมาร์ตโฟนและชุดเซนเซอร์ฯ มาใช้ในห้องเรียน ด้านคู่มือการทดลอง/การสาธิตการใช้งานชุดเซนเซอร์ในการทดลองมีลำดับขั้นตอนเข้าใจง่าย ใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม การบำรุงรักษาชุดเซนเซอร์ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก โดยใช้แค่เพียงถ่านกระดุม 2 ก้อนสำหรับแหล่งพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามแหล่งพลังงานควรเปลี่ยนเป็นแบบลิเทียมไอออนเพื่อให้สามารถใช้งานได้ ชุดสื่อนวัตกรรมฯ ที่ใช้ชุดเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ เหมาะสำหรับนำไปใช้ในชั้นเรียนหรือในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ทำให้นักเรียนมีโอกาสฝึกปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในการทดลองเพิ่มมากขึ้น สามารถเห็นผลการทดลองที่บันทึกผลได้ทันทีผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟน ไอแพด หรือหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองเพิ่มมากขึ้น ลดปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลองได้ เนื่องจากราคาของชุดเซนเซอร์ฯ มีราคาไม่แพงมาก และมีเซนเซอร์ต่างๆ ให้เลือกใช้ได้หลากหลาย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับกิจกรรมที่มีการทดลอง ครูควรแจ้งวัตถุประสงค์การทดลอง วิธีการทดลอง รวมทั้งข้อพึงระวังในการทดลอง โดยครูต้องดูแลนักเรียนตลอดการทดลองอย่างทั่วถึงและใกล้ชิด
2. แหล่งพลังงานของชุดเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองมีระยะเวลาไม่นานมาก (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ดังนั้นช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้งาน ควรปิดสวิตซ์ชุดเซนเซอร์
3. สวิตซ์ปิด-เปิดอยู่ในตำแหน่งที่ปิด-เปิดได้ยาก ควรออกแบบใหม่ให้ปิด-เปิดได้สะดวกขึ้น
4. แหล่งพลังงานควรเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานแบบลิเทียมไอออนที่สามารถใช้ซ้ำได้
5. จุดศูนย์กลางมวลของชุดเซนเซอร์ฯ ไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ดังนั้นการใช้งานชุดเซนเซอร์ในการทดลองที่เกี่ยวกับการกลิ้งหรือที่เกี่ยวข้องกับโมเมนต์ความเฉื่อยต้องพึงระวังในการใช้งานชุดเซนเซอร์
6. ช่วงการวัด (detection range) ของชุดเซนเซอร์มีจำกัด การใช้งานหรือการออกแบบการทดลองต่างๆ ต้องพิจารณาช่วงการวัดของชุดเซนเซอร์ด้วย

บรรณานุกรม

- Bloom. (1956). *Texonomy of Educayion Objectives*. New York: David Mokay Company Inc
- Çoban, A., and Erol, M. (2022). “Teaching kinematics via arduino based STEM education material” *Phys. Educ.* **57** 015010.
- Ebel, R. L., and Frisbie, D. A. (1986). *Essentials of Educational Measurement. Journal of Educational Measurement*, 24(2), 182-184.
- Gianino, C. (2020). “Uniform circular motion measurements employing a smartphone using the phyphox app and a turntable” *Phys. Educ.* **56** 013006.
- Jesus, V.L.B. and Sasaki, D.G.G. (2016). “Modelling of a collision between two smartphones” *Phys. Educ.* **51** 055006.
- Karakotsou, C., and Zafiriadis, I. (2023). “Teaching uniform linear motion using an Arduino sensor and a smartphone device” *Phys. Educ.* **58** 025013
- Meng, E., และ Doran, R. L. (1993). *Improving instruction and learning through evaluation elementary school science*. Ohio: ERIC
- Nuryantini, A.Y., Sawitri, A., and Nuryadin, B.W. (2018). “Constant speed motion analysis using a smartphone magnetometer” *Phys. Educ.* **53** 065021.
- Ouariach, A., Hadi, M.E., Moussaouy, A.E., Hachmi, A., Magrez, H., and Bria, D. (2020). “Development of an educational low-cost teslameter by using Arduino and Smartphone application” *Phys. Educ.* **55** 033008.
- Puttharugsa, C., Khemmani, S., Utayarat P., and Luangtip, W. (2016). “Investigation of the rolling motion of a hollow cylinder using a smartphone” *Eur. J. Phys.* **37** 055004.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *แนวทางการวัดและประเมินผลในชั้นเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: คุรุสภา ลาดพร้าว
- ชนิษฐา บุญภักดี. (2552). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. คณะครุ

ศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (วิทยานิพนธ์
ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี).

วุฒิชัย ดานะ. (2553). ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเลย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย,
เลย. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.)

ทิตินา แคมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ (4).
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). พื้นฐานการวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัย มหาสารคาม

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2549). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: แฮสออฟเคอร์มีส์.

พิมพ์ประภา อรัญมิตร. (2552). ปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดส านักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์หุระดับ.
วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 3(4).

ไพโรจน์ ชำนาญ. (2550). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบ 4 MAT มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
ขอนแก่น. (วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต)

ศิริชัย กาญจนวาลี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของคุรุสภา

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). การจัดการเรียนรู้ของครูนักปฏิบัติ. วารสารวิชาการ.

สิริพร ทัพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนา คุณภาพ
วิชาการ (พว.) จำกัด.

อัมพา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. (วิทยานิพนธ์ กศ. ม.).

รายชื่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผศ.ดร.โชคชัย พุทธรักษา

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: chokchai@g.swu.ac.th

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.ปัทมาศ บิณฑจิตต์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: patamas@g.swu.ac.th

นายพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร

โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา)

E-mail: pollabphy@gmail.com

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก

ก. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รศ.ดร.สมักร์ พิมานแพง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 15 ปี
ความเชี่ยวชาญ เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ฟิสิกส์พื้นฐาน
กลศาสตร์ และฟิสิกส์ศึกษา
2. ผศ.ดร.สุรฉณี วิจารณ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 9 ปี
ความเชี่ยวชาญ โฟโตนิกส์ออปติกส์ อิเล็กทรอนิกส์ และฟิสิกส์
ศึกษา
3. ผศ.ดร.สุวรรณ พลายพิชิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 8 ปี
ความเชี่ยวชาญ ออปติกส์ ฮาโลแกรม อิเล็กทรอนิกส์ และฟิสิกส์
ศึกษา
4. ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงศ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 13 ปี
ความเชี่ยวชาญ วัสดุศาสตร์ ฟิสิกส์พื้นฐาน กลศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 18163

ที่ อว 8712.6/ วันที่ 10 กันยายน 2566

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา ได้ดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อ นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและ สมาร์ทโฟน” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ

ในการนี้ขอเรียนเชิญผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ 1) ชุดทดลอง พร้อมคู่มือการทดลอง/สาธิต รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 10 เรื่อง และ 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 18163

ที่ อว 8712.6/ วันที่ 10 กันยายน 2566

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สมักร พิมานแพง

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา ได้ดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อ
นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและ
สมาร์ทโฟน” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ

ในการนี้ขอเรียนเชิญรองศาสตราจารย์ ดร.สมักร พิมานแพง เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ 1) ชุดทดลอง
พร้อมคู่มือการทดลอง/สาธิต รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 10 เรื่อง และ 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 18163

ที่ อว 8712.6/ วันที่ 10 กันยายน 2566

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ พลายพิชิต

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา ได้ดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อ
นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและ
สมาร์ทโฟน” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ

ในการนี้ขอเรียนเชิญผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ พลายพิชิต เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ 1) อุปกรณ์
เซนเซอร์แบบไร้สายสำหรับการทดลองฟิสิกส์ และ 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 18163

ที่ อว 8712.6/ วันที่ 10 กันยายน 2566

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิทย์ วิจารณ์

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา ได้ดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อ
นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและ
สมาร์ทโฟน” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ

ในการนี้ขอเรียนเชิญผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิทย์ วิจารณ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ อุปกรณ์
เซนเซอร์แบบไร้สายสำหรับการทดลองฟิสิกส์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ภาคผนวก

ข. การออกแบบการทดลอง/การสาธิตในหัวข้อกลศาสตร์ จำนวน 10 เรื่อง

เรื่องที่ 1 กฎของนิวตัน

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษากฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน
2. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

ทฤษฎี

พิจารณาวัตถุมวล m_1 และมวล m_2 ที่ผูกติดกันด้วยเชือกเบาซึ่งคล้องผ่านรอก ดังภาพที่ 1.1 เมื่อเพิ่มมวล m_1 ให้มีน้ำหนักมากพอ จะทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่และสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตได้จาก $f = \mu_s N$ จะได้

$$T = f \rightarrow m_1 g = \mu_k m_2 g$$

$$\mu_s = \frac{m_1}{m_2} \quad (1.1)$$

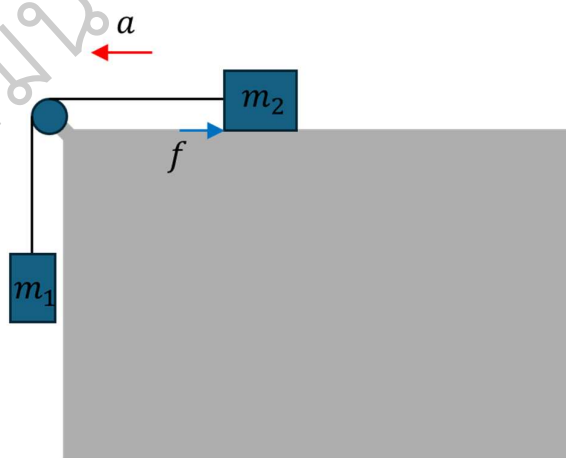
และเมื่อมวลวัตถุ m_1 เพิ่มขึ้นทำให้วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a เมื่อมวล m_1 จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สามารถเขียนได้เป็นสมการ

$$m_1 g - T = m_1 a \quad (1.2)$$

$$T - \mu_k m_2 g = m_2 a \quad (1.3)$$

แทนสมการ 2 ในสมการ 1 จะได้

$$a = \frac{m_1 - \mu_k m_2}{m_1 + m_2} g \quad (1.4)$$



ภาพประกอบที่ 1.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดยโน (สำหรับวัดอัตราเร่ง)
3. ขาตั้งและเชือก
4. มวล m_1 และ m_2
5. นี้อตสำหรับเพิ่มน้ำหนัก

วิธีทดลอง/การสาธิต

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (เชื่อมต่อของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. ชั่งน้ำหนักมวล m_1 และ m_2
3. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 1.1 โดยติดเซนเซอร์ไว้บนมวล m_2 ด้วยกระดาษกาว 2 หน้า
4. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดยโนให้เลือกเซนเซอร์วัดความเร่ง (Acceleration) สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
5. เพิ่มมวลด้วยนี้อตจนกระทั่งวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แล้วคำนวณหาความสัมพันธ์ความเสียหายสถิต โดยใช้สมการที่ 1
6. เพิ่มมวลด้วยนี้อตจนกระทั่งวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง อ่านค่าความเร่งจากเซนเซอร์ คำนวณค่าสัมพันธ์ความเสียหายจลน์ โดยใช้สมการที่ 1.4
7. ทำการทดลองซ้ำข้อ 6 โดยเพิ่มมวลของนี้อตให้เพิ่มมากขึ้น (ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 รอบ โดยให้มวลของนี้อตที่แตกต่างกัน)

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 1 กฎของนิวตัน

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

น้ำหนักมวล m_2 น้ำหนักมวล m_1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต $\mu_k = \frac{m_1}{m_2} = \dots\dots\dots$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

น้ำหนักมวล m_2 น้ำหนักมวล m_1

มวลของล้อ (kg)	$a(m/s^2)$	μ_k

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

เรื่องที่ 2 การกลิ้งของทรงกระบอก

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบกลิ้งของทรงกระบอก
2. เพื่อคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของทรงกระบอก

ทฤษฎี

เมื่อพิจารณาทรงกระบอกมวล m รัศมี R ที่กลิ้งบนพื้นเอียงที่ทำมุม θ กับแนวระดับ แสดงดังภาพที่ 2.1 วัตถุจะกลิ้งลงมาตามพื้นเอียง จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้

$$mg \sin \theta - f_s = ma \quad (2.1)$$

และทอร์กที่กระทำกับทรงกระบอกมีค่าเป็น

$$f_s R = I\alpha \quad (2.2)$$

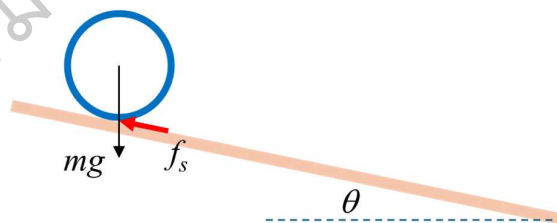
เมื่อ I คือโมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกระบอกและ α คืออัตราเร่งเชิงมุม

ในกรณีที่ทรงกระบอกกลิ้งแบบไม่ไถล นั่นคือ $a = R\alpha$ และ $I = mR^2$ จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 จะได้

$$\alpha = \frac{g \sin \theta}{2R} \quad (2.3)$$

และเมื่อทรงกระบอกกลิ้งจากหยุดนิ่งจะได้

$$\omega = \frac{g \sin \theta}{2R} t \quad (2.4)$$



ภาพที่ 2.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดูโน้
3. ฟันเอียง
4. ทรงกระบอก
5. กระดาษขาว 2 หน้า
6. ไม้บรรทัด

วิธีทดลอง/การสาธิต

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. ติดเซนเซอร์ที่ด้านข้างของทรงกระบอกด้วยกระดาษขาว 2 หน้า โดยให้ตำแหน่งของเซนเซอร์อยู่ตรงจุดหมุน
3. เลือกเซนเซอร์ไจโรสโคปสำหรับวัดอัตราเร็วเชิงมุม สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
4. กลิ้งทรงกระบอกที่ด้านปลายของฟันเอียง เมื่อทรงกระบอกเคลื่อนที่ถึงปลายด้านล่าง กดหยุดบันทึกค่า และส่งข้อมูลการทดลองผ่านไลน์หรืออีเมลสำหรับวิเคราะห์ผลการทดลอง
5. ทำการเพิ่มมุมของฟันเอียงและทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 มุม
6. บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 2 การกลิ้งของทรงกระบอก

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม

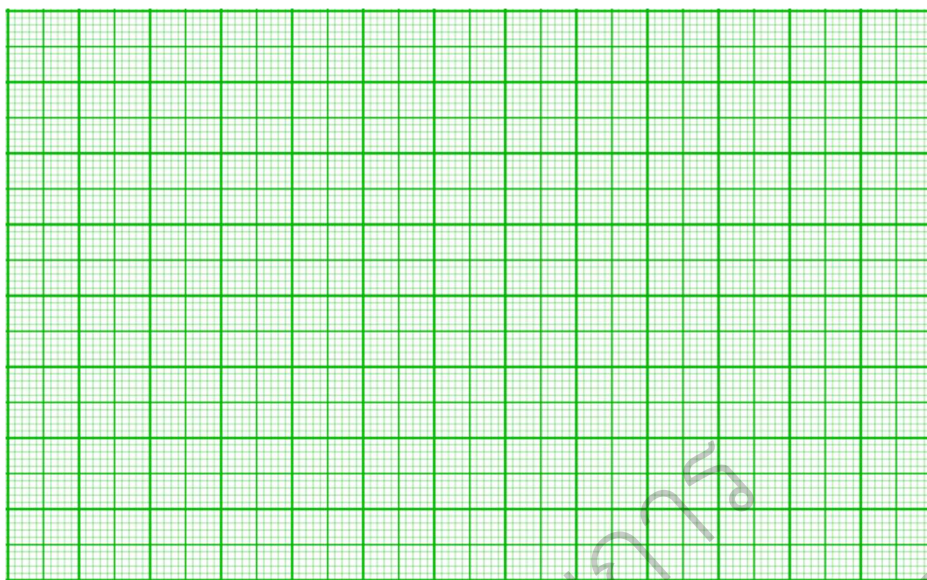
1. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของอัตราเร็วเชิงมุมที่บันทึกค่าได้ และระบุค่าต่างๆ ที่สำคัญสำหรับคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญ



2. หาอัตราเร็วเชิงมุมจากกราฟของอัตราเร็วเชิงมุมที่แต่ละมุมรัศมีของทรงกระบอก เมตร

มุมพื้นเอียง (องศา)	$\sin \theta$	อัตราเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที ²)
3	0.0523	
6	0.104	
9	0.156	
12	0.208	
15	0.259	

3. ให้นักเรียนพล็อตกราฟระหว่างอัตราเร็วเชิงมุมที่แต่ละมุมของพื้นเอียงกับค่า $\sin \theta$ ในตารางข้อ 2 และเปรียบเทียบค่าความชันของกราฟกับสมการที่ 3



4. อภิปรายผลการทดลองและสรุปผล

.....

.....

.....

.....

เรื่องที่ 3 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษากฎการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
2. เพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ความเร็ว และความเร่งของวัตถุที่เคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ทฤษฎี

ความเร็ว (v) และความเร่ง (a) ของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$v = \Delta s / \Delta t \quad (3.1)$$

$$a = \Delta v / \Delta t \quad (3.2)$$

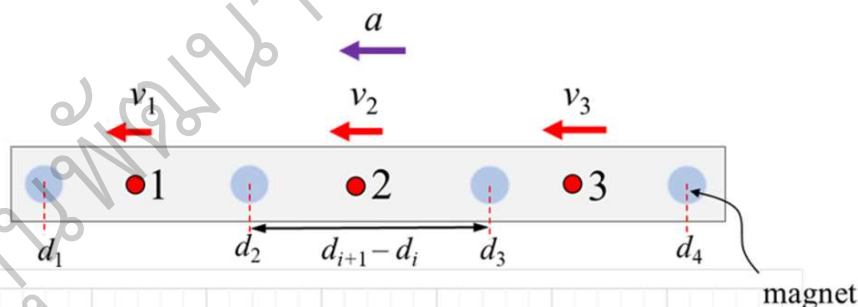
เมื่อ Δs คือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลา Δt

และ Δv คือความเร็วที่เปลี่ยนไปของวัตถุในช่วงเวลา Δt

ในการทดลองนี้จะติดแม่เหล็กที่วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นระยะทางต่างๆ (d) แสดงดังภาพที่ 3.1 และให้เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์แม่เหล็ก ทำการวัดระยะทางระหว่างก้อนแม่เหล็ก และวัดช่วงเวลาจากเซนเซอร์ ทำให้สามารถคำนวณหาความเร็วและความเร่งได้จากสมการ

$$v_i = \frac{d_{i+1} - d_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (3.3)$$

$$a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{(t_{i+2} + t_{i+1})/2 - (t_{i+1} + t_i)/2} \quad (3.4)$$



ภาพที่ 3.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. เซนเซอร์อาร์ดยูนี
3. รถทดลอง
4. ตลับเมตร
5. ไม้บรรทัด
6. แม่เหล็กกระดุม
7. กระดาษขาว 2 หน้า

วิธีทดลอง/การสาธิต

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. ติดแม่เหล็กบนไม้บรรทัดด้วยกระดาษขาวสองหน้า ให้ห่างกันประมาณ 8 เซนติเมตร (ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่ในทิศทางเดียวกัน) จำนวน 4 ก้อน และนำไม้บรรทัดไปติดที่ด้านข้างของรถทดลองดังรูป
3. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 3.1 โดยวางเซนเซอร์ไว้บนพื้นด้านใต้แท่งแม่เหล็ก
4. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดยูนีให้เลือกเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
5. ออกแรงผลักให้รถทดลองเคลื่อนที่ หรือให้เคลื่อนที่บนพื้นเอียง ผ่านเซนเซอร์โดยให้ไม้บรรทัดอยู่เหนือเซนเซอร์
6. ทำการวัดค่าระยะเวลาที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์และบันทึกผลการทดลองในตาราง
7. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนตำแหน่งของเซนเซอร์ต่างๆ โดยวัดระยะห่างระหว่างเซนเซอร์เดิม
8. คำนวณหาค่าความเร็วและความเร่งของรถทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 3 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

1. ตารางบันทึกตำแหน่งเวลาที่แม่เหล็กผ่านเซนเซอร์

แม่เหล็กก้อนที่	ตำแหน่งเวลาที่ผ่านเซนเซอร์ แม่เหล็ก (วินาที)
1	
2	
3	
4	

2. ตารางสำหรับคำนวณความเร็วของวัตถุ

ตำแหน่งเหล็ก	ระยะห่างระหว่างก้อน แม่เหล็ก (เซนติเมตร)	ช่วงเวลาที่แม่เหล็กผ่าน เซนเซอร์ (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตร/วินาที)
ก้อนที่ 1 - ก้อนที่ 2			
ก้อนที่ 2 - ก้อนที่ 3			
ก้อนที่ 3 - ก้อนที่ 4			

3. ตารางสำหรับคำนวณความเร่งของวัตถุ

ตำแหน่ง	ความเร็ว (เซนติเมตร/วินาที)	ช่วงเวลาที่แม่เหล็กผ่าน เซนเซอร์ (วินาที)	ความเร่ง (เซนติเมตร/วินาที ²)
ก้อนที่ 1 - ก้อนที่ 2			
ก้อนที่ 3 - ก้อนที่ 4			

เรื่องที่ 4 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง
2. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

ทฤษฎี

เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m ที่วางอยู่บนพื้นเอียงที่ทำมุม θ กับพื้น ดังภาพที่ 4.1 วัตถุจะเคลื่อนที่เริ่มเคลื่อนที่เมื่อพื้นเอียงมีค่ามากกว่ามุมวิกฤติ θ_c แรงลัพธ์ในแนวแกน x สามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$f_{s,max} = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta = mg \sin \theta \quad (4.1)$$

$$\mu_s = \tan \theta_c \quad (4.2)$$

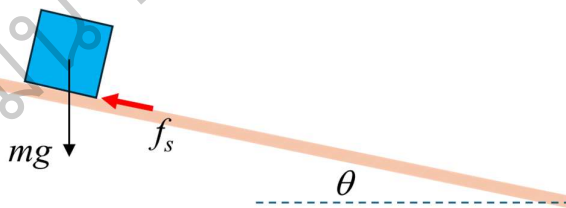
ดังนั้นสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต μ_s ได้จากสมการที่ 2

เมื่อมุมของพื้นเอียงมากกว่ามุมวิกฤติ จะทำให้วัตถุเริ่มไถลลงด้วยความเร่งคงที่บนพื้นเอียง จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน แรงลัพธ์ในแนวแกน x สามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma \quad (4.3)$$

$$\mu_k = \tan \theta - \frac{a}{g \cos \theta} \quad (4.4)$$

ดังนั้นสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ μ_k ได้จากสมการที่ 4



ภาพที่ 4.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox จำนวน 2 เครื่อง
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดยูนี (สำหรับวัดอัตราเร่ง)
3. พื้นเอียง

วิธีทดลอง/การสาธิต

ตอนที่ 1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกต้องกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. วางเซนเซอร์บนพื้นเอียง และสมาร์ทโฟนสำหรับวัดมุมของพื้นเอียง (เลือก Tools>Inclination)
3. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดยูนีให้เลือกเซนเซอร์วัดความเร่ง (Acceleration) สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
4. เพิ่มมุมของพื้นเอียงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งวัตถุ (เซนเซอร์) เริ่มเคลื่อนที่ และบันทึกค่ามุมในตารางตอนที่ 1 ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง
5. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตตามสมการที่ 4.2

ตอนที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

1. เชื่อมต่อสมาร์ทโฟนกับเซนเซอร์อาร์ดยูนี
2. วางเซนเซอร์บนพื้นเอียงที่มุมพื้นเอียงมากกว่ามุมวิกฤต กดบันทึกค่าความเร่ง และปล่อยให้เซนเซอร์เคลื่อนที่บนพื้นเอียง
3. อ่านค่าความเร่ง และบันทึกค่าในตารางตอนที่ 2 ทำการทดลองซ้ำ จำนวน 10 ครั้ง
4. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์จากสมการที่ 4.4

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 4 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ตอนที่ 1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

ให้บันทึกค่ามุมของพื้นเอียงเมื่อวัตถุ (เซนเซอร์) เริ่มไถล

ครั้งที่	$\theta(\text{degree})$	ครั้งที่	$\theta(\text{degree})$
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

ค่าเฉลี่ยมุมที่วัตถุเริ่มไถล =

คำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจากสมการที่ 2 =

ตอนที่ 1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

ให้บันทึกค่าความเร่งของวัตถุ (เซนเซอร์) เมื่อเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

ครั้งที่	$a(\text{m/s}^2)$	ครั้งที่	$a(\text{m/s}^2)$
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

ค่าเฉลี่ยของความเร่งของวัตถุ =

คำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจากสมการที่ 4 =

เรื่องที่ 5 เพนดูลัมอย่างง่าย

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

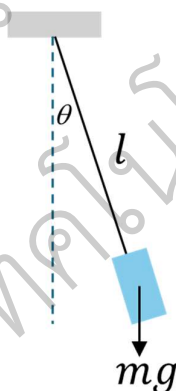
1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย
2. เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ทฤษฎี

พิจารณาวัตถุมวล m ที่แขวนด้วยเชือกยาว l ดังภาพที่ 5.1 เมื่อดึงวัตถุให้ห่างจากแนวกลางเป็นมุม θ ที่มุนน้อยๆ (ประมาณ 5-10 องศา) แล้วปล่อยให้แกว่งกลับไป-มา จะเรียกการแกว่งของวัตถุแบบนี้ว่าการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย หรือ simple pendulum

คาบการแกว่งจะขึ้นกับความยาวเชือก และสามารถหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้จาก

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l \quad (5.1)$$



ภาพที่ 5.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดยูโน่ (สำหรับวัดอัตราเร่ง)
3. ขาตั้งและเชือก

วิธีทดลอง/การสาธิต

ตอนที่ 1 ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบพาราโบล่าอย่างง่าย

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 5.1 โดยแขวนเซนเซอร์ที่ระยะ 30 เซนติเมตร
3. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดูโนให้เลือกเซนเซอร์วัดความเร่ง (Acceleration) สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
4. ดึงเซนเซอร์ให้ห่างจากแนวกลางเล็กน้อย (มุมประมาณ 5 – 10 องศา) แล้วปล่อยให้เซนเซอร์แกว่งกลับไป-มา กดหยุดบันทึกข้อมูลเมื่อเซนเซอร์แกว่งครบ 20 รอบ
5. สังเกตลักษณะข้อมูลที่บันทึกได้จากเซนเซอร์ แล้วตอบคำถามตอนที่ 1
6. ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนเซนเซอร์ความเร่งเป็นเซนเซอร์ไจโรสโคป

ตอนที่ 2 การหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

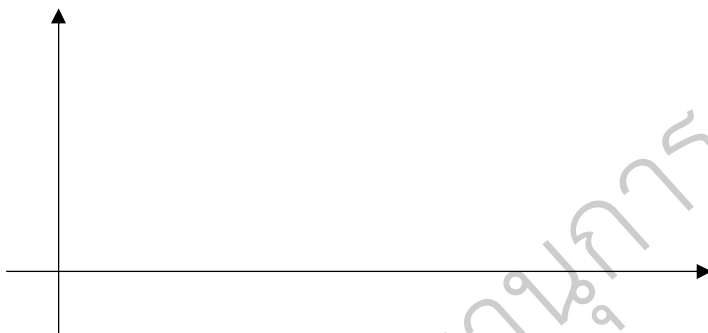
1. ทำการทดลองคล้ายตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนระยะแขวนเซนเซอร์เป็นระยะต่างๆ ดังนี้ คือ 20, 30, 40, 50, และ 60 เซนติเมตร
2. วัดคาบการแกว่งของเซนเซอร์ บันทึกค่าในตารางตอนที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับค่าการแกว่งของเซนเซอร์เมื่อใช้นาฬิกาจับเวลา
3. คำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากสมการที่ 5.1

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 5 เพนดูลัมอย่างง่าย

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม

1. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของความเร่ง-เวลาที่บันทึกค่าได้ และระบุค่าต่างๆ ที่สำคัญ



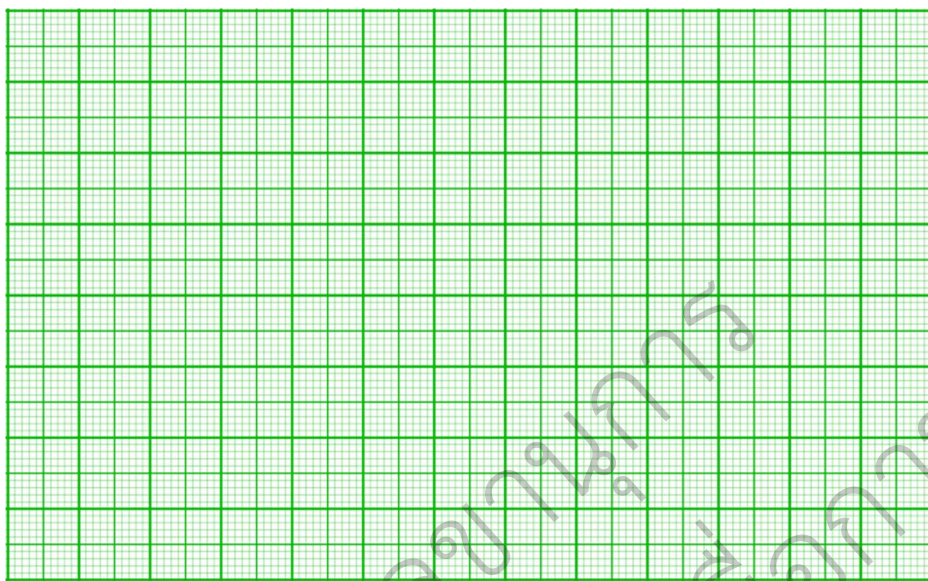
2. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของความเร็ว-เวลาที่บันทึกค่าได้ และระบุค่าต่างๆ ที่สำคัญ



ตอนที่ 2 การคำนวณประสิทธิภาพการสูญเสียทางสถิติ

ระยะเชือก (ซม.)	คาบเวลา T (วินาที)	T^2 (วินาที ²)
20		
30		
40		
50		
60		

- พล็อตกราฟโดยให้แกน x คือระยะ l และแกน y คือ T^2



- คำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากความชันของกราฟ ตามสมการที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่องที่ 6 ฟิสิกส์เพนดูลัม

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบฟิสิกส์เพนดูลัม
2. เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ทฤษฎี

พิจารณาวัตถุมวล m ยาว L ขวนกับจุดหมุน ดังภาพที่ 1 เมื่อดึงวัตถุให้ห่างจากแนวกลางเป็นมุม θ ที่มุมน้อยๆ (ประมาณ 5-10 องศา) แล้วปล่อย วัตถุจะแกว่งกลับไป-มา คาบการแกว่งจะขึ้นกับความยาวเชือก

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l}{mg} \quad (6.1)$$

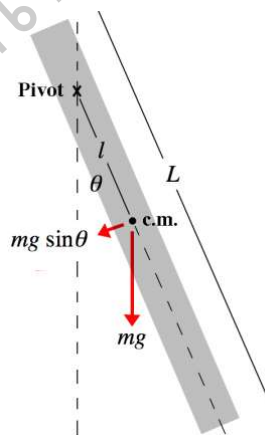
เมื่อ l เป็นระยะจากจุดหมุนไปยังปลายของวัตถุ และ I เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดหมุน

โมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของแท่งวัตถุจะมีค่าเป็น

$$I_{cm} = \frac{1}{12} mL^2 \quad (6.2)$$

และสามารถคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดหมุนที่ขนานกับจุดศูนย์กลางมวลได้จากสมการ

$$I = I_{cm} + ml^2 \quad (6.3)$$



ภาพที่ 6.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดยโน้
3. ขาตั้ง
4. แผ่นพลาสติกที่ตำแหน่งต่างๆ
5. ก้อนแม่เหล็ก
6. กระดาษกาวสองหน้า

วิธีทดลอง/การสาธิต

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 1 โดยแขวนวัตถุที่ด้านปลาย และที่ด้านปลายของวัตถุติดแม่เหล็ก
3. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดยโน้ให้เลือกเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า และวางเซนเซอร์บนพื้นให้ตรงกับแม่เหล็ก
4. ดึงวัตถุเป็นมุมเล็กน้อย (มุมประมาณ 5 – 10 องศา) แล้วปล่อยให้วัตถุแกว่ง เซนเซอร์จะจับการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กที่ด้านปลาย
5. วัตถุจะแกว่งกลับไป-มา กดหยุดบันทึกข้อมูลเมื่อเซนเซอร์แกว่งครบ 20 รอบ
6. สังเกตลักษณะข้อมูลที่บันทึกได้จากเซนเซอร์ บันทึกค่าคาบเวลาและคำนวณค่าโมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุ แล้วบันทึกค่าในตาราง
7. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนตำแหน่งของจุดหมุน ที่ตำแหน่งต่างๆ

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 6 พิสูจน์เพนดูลัม

ระยะ l (เมตร)	I (กิโลกรัม·เมตร ²)	T (วินาที)	T^2 (วินาที ²)

คำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่องที่ 7 การหาสัมประสิทธิ์จากการเคลื่อนที่แบบวงกลม

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่มีความเร่งคงที่
2. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นผิวของวัตถุและจานหมุน

ทฤษฎี

เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m วางอยู่บนจานหมุนที่รัศมี R จากจุดกึ่งกลาง ดังภาพที่ 7.1 เมื่อจานหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω วัตถุจะยังคงอยู่นิ่งบนจานหมุนเนื่องจากแรงเสียดทานสถิต (f_s) ระหว่างพื้นผิวของวัตถุและจานหมุน และจะมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง เมื่ออัตราเร็วเชิงมุมถึงขีดจำกัด ω_L วัตถุจะเคลื่อนที่หลุดจากจานหมุน จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้

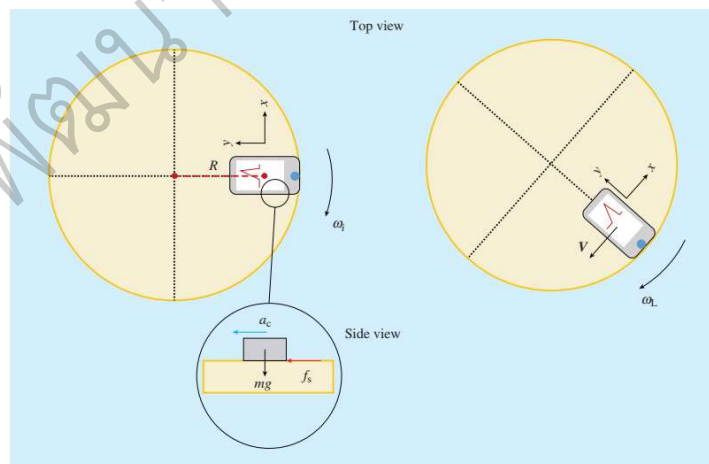
$$\Sigma F = ma \quad (7.1)$$

$$f_s = ma_c \quad (7.2)$$

$$\mu_s mg = \frac{m\omega_L^2 R^2}{R} \quad (7.3)$$

$$\omega_L^2 = \mu_s \frac{g}{R} \quad (7.4)$$

จากสมการที่ 4 เราสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจากค่าขีดจำกัดของอัตราเร็วเชิงมุมได้ นั่นคือ $\mu_s = \omega_L^2 R / g$



ภาพที่ 7.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดูโน้ (สำหรับวัดอัตราเร็วเชิงมุม)
3. จานหมุน
4. ไม้มรพ

วิธีทดลอง/การสาธิต

ตอนที่ 1 การศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่มีความเร่งคงที่

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. วางเซนเซอร์บนจานหมุนที่ตำแหน่งต่างๆ บนจานหมุน และวัดระยะห่างระหว่างจุดหมุนถึงตำแหน่งเซนเซอร์ (ระยะ R)
3. เลือกเซนเซอร์ไจโรสโคป (gyroscope sensor) สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
4. ออกแรงหมุนจานหมุนด้วยแรงค่าหนึ่ง แล้วปล่อยให้จานหมุนจนกระทั่งหยุด สังเกตจะมีอัตราเร็วเชิงมุมในแนวแกน z เท่านั้น ในแนวแกนอื่นๆ (แกน x และแกน y) จะมีค่าน้อยมาก
5. ส่งข้อมูลการทดลองผ่านไลน์หรืออีเมลและวิเคราะห์ผลการทดลอง
6. บันทึกผลการทดลองและตอบคำถามในตอนท้าย

ตอนที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

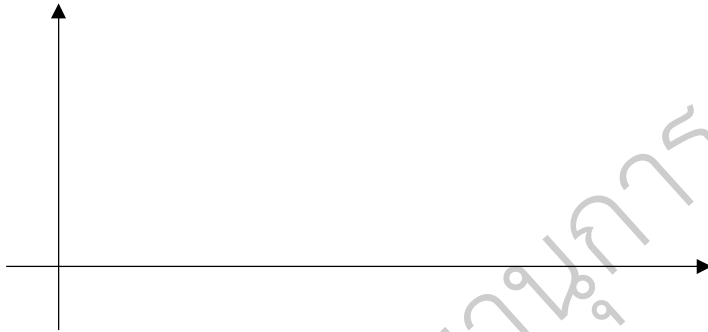
1. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับตอนที่ 1 แต่ในข้อ 4 ให้ออกแรงหมุนจนกระทั่งเซนเซอร์เคลื่อนที่หลุดจากจานหมุน สังเกตจะมีอัตราเร็วเชิงมุมในแนวแกน z เท่านั้น ในแนวแกนอื่นๆ (แกน x และแกน y) จะมีค่าน้อยมาก
2. หมุนจานหมุนด้วยแรงค่าหนึ่งจนกระทั่งเซนเซอร์เคลื่อนที่หลุดจากจานหมุน
3. ส่งข้อมูลการทดลองผ่านไลน์หรืออีเมลและวิเคราะห์ผลการทดลอง
4. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนตำแหน่งของเซนเซอร์ต่างๆ ระยะ R จำนวน 5 ตำแหน่ง
5. บันทึกผลการทดลองในตารางตอนที่ 2
6. พล็อตกราฟเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 7 การหาสัมประสิทธิ์จากการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม

1. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของอัตราเร็วเชิงมุมที่บันทึกค่าได้ และระบุค่าต่างๆ ที่สำคัญ



2. เมื่อพิจารณาช่วงที่ปล่อยให้จานหมุนเคลื่อนที่จากอัตราเร็วเชิงมุมสูงสุดจนกระทั่งหยุดด้วยแรงเสียดทานที่คงที่ (แรงเสียดทานจากการหมุน)

a. จานหมุนมีอัตราเร็วเชิงมุมสูงสุด

.....

.....

b. จงคำนวณหาอัตราเร่งเชิงมุมของจานหมุนจากกราฟ

.....

.....

.....

c. จงคำนวณหาการกระจัดเชิงมุม และจานหมุนหมุนได้กี่รอบ

.....

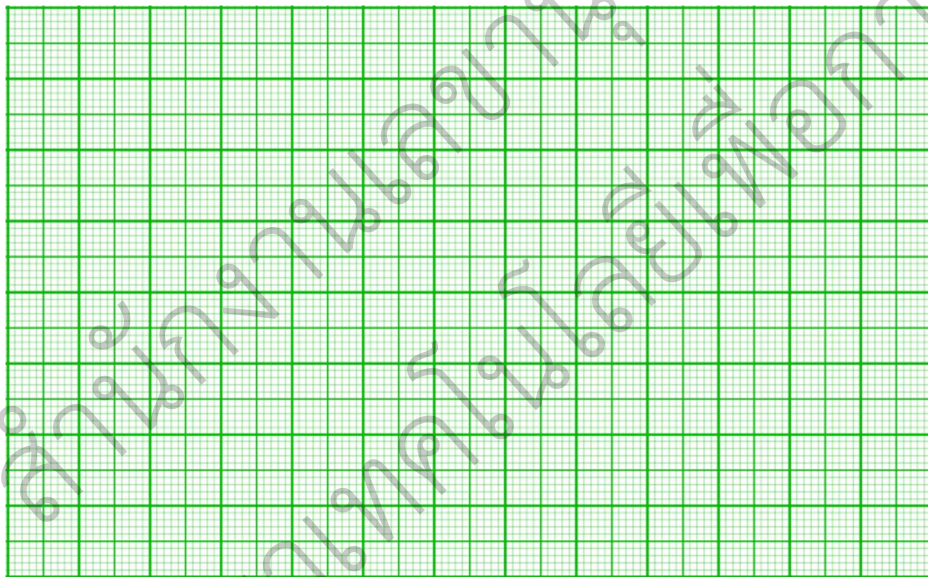
.....

.....

ตอนที่ 2 การคำนวณประสิทธิภาพการเสียดทานสถิต

$R \text{ (m)}$	$\omega_L \text{ (rad/s)}$	$\omega_L^2 \text{ (rad/s)}$	$g/R \text{ (1/s}^2\text{)}$

พล็อตกราฟโดยให้แกน x คือ g/R และแกน y คือ ω_L^2 และจะได้ความชันของกราฟเป็นค่าสัมประสิทธิ์
 ความเสียดทานสถิต



เรื่องที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร่งคงที่

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่มีความเร่งคงที่
2. เพื่อคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่มีความเร่งคงที่

ทฤษฎี

เมื่อพิจารณาวัตถุดังภาพที่ 8.1 ที่มีแขน 4 แขนยื่นออกมาทำมุม θ หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω เราสามารถคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุมที่แขนหมุนได้จากสมการ

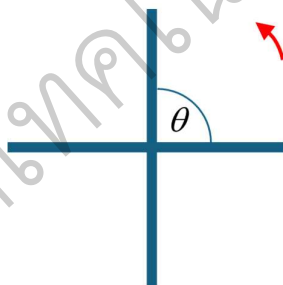
$$\omega_i = \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (8.1)$$

และความเร่งเชิงมุม α ได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (8.2)$$

และการกระจัดเชิงมุม $\Delta\theta$ ได้จากสมการ

$$\Delta\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (8.3)$$



ภาพที่ 8.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้ง phyphox app
2. เซนเซอร์อาร์ดยูนอร์
3. แกนหมุนพร้อมแขน
4. แม่เหล็กกระดุม
5. กระดาษขาว 2 หน้า

วิธีทดลอง/การสาธิต

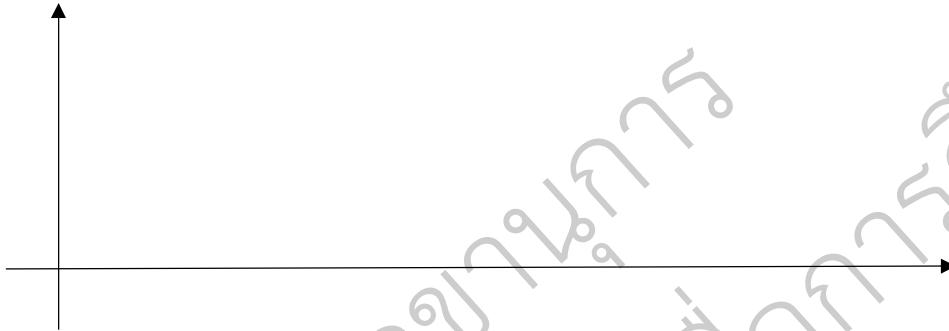
1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. ติดแม่เหล็กกระดุมที่ด้านปลายของแกนหมุนทั้ง 4 แขน โดยให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กอยู่ในทิศทางเดียวกัน และใส่แขนลงในแกนหมุน
3. วางเซนเซอร์ไว้ที่ด้านล่างของแขน โดยให้ตำแหน่งแม่เหล็กผ่านเซนเซอร์เมื่อมีการหมุน และเลือกเซนเซอร์แม่เหล็ก สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่า
4. ออกแรงหมุนด้วยมือด้วยแรงค่าหนึ่ง แล้วปล่อยให้แกนหมุนหมุนจนกระทั่งหยุด สังเกตการเพิ่มขึ้นของสนามแม่เหล็กเมื่อผ่านเซนเซอร์
5. ส่งข้อมูลการทดลองผ่านไลน์หรืออีเมลและวิเคราะห์ผลการทดลอง
6. บันทึกผลการทดลองและตอบคำถามในตอนท้ายที่ 1

บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร่งคงที่

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม

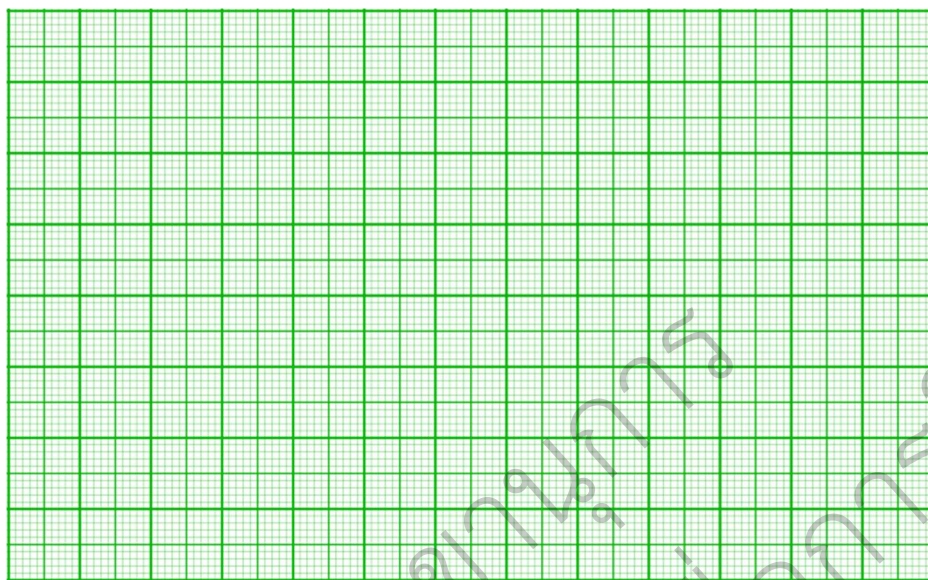
- ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของสนามแม่เหล็ก และระบุค่าต่างๆ ที่สำคัญสำหรับคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญ



- บันทึกช่วงเวลาที่แขนแต่ละแขนเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ (มุมระหว่างแขนคือ 1.57 เรเดียน)

ลำดับที่ (ตำแหน่งของ สนามแม่เหล็ก)	เวลา (วินาที)	อัตราเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

3. ให้นักเรียนพล็อตกราฟระหว่างอัตราเร็วเชิงมุมกับเวลา และคำนวณหาอัตราเร่งเชิงมุมจากความชันของกราฟ



เรื่องที่ 9 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร็วคงที่

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

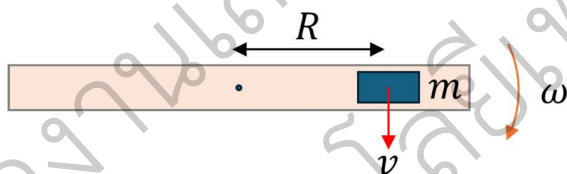
1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่มีอัตราเร็วเชิงมุมคงที่
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางและอัตราเร็วเชิงมุม

ทฤษฎี

เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m วางติดอยู่บนคันหมุนที่รัศมี R จากจุดกึ่งกลาง โดยคันที่หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ ω ดังภาพที่ 9.1 ที่ตำแหน่งของวัตถุจะมีอัตราเร็ว v คงที่ และมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง a_c ดังสมการ

$$a_c = \frac{v^2}{R} \quad (9.1)$$

$$a_c = \omega^2 R \quad (9.2)$$



ภาพที่ 9.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน phyphox
2. ชุดเซนเซอร์อาร์ดยูนี
3. คันหมุนพร้อมมอเตอร์
4. เทปกาวยสองหน้า

วิธีทดลอง

1. เปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. ติดเซนเซอร์บนคานหมุนด้วยกระดาษสองหน้าทีระยะ 15 เซนติเมตร (ระยะ R)
3. เลือกเซนเซอร์วัดความเร็ว สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่าการทดลอง
4. ปรับความเร็วรอบการหมุนของคานที่ตำแหน่งที่ 1 อ่านค่าความเร็วในแนวแกน x ของเซนเซอร์ แล้วบันทึกค่าในตาราง
5. เลือกเซนเซอร์ไจโรสโคป สำหรับบันทึกค่า และกดบันทึกค่าการทดลอง (ไม่ต้องปรับความเร็วรอบการหมุนใหม่) อ่านค่าอัตราเร็วเชิงมุมของคาน แล้วบันทึกค่าในตารางที่ 1
6. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3 - 5 โดยเพิ่มความเร็วของการหมุนของคานให้ครบจำนวน 5 ตำแหน่ง

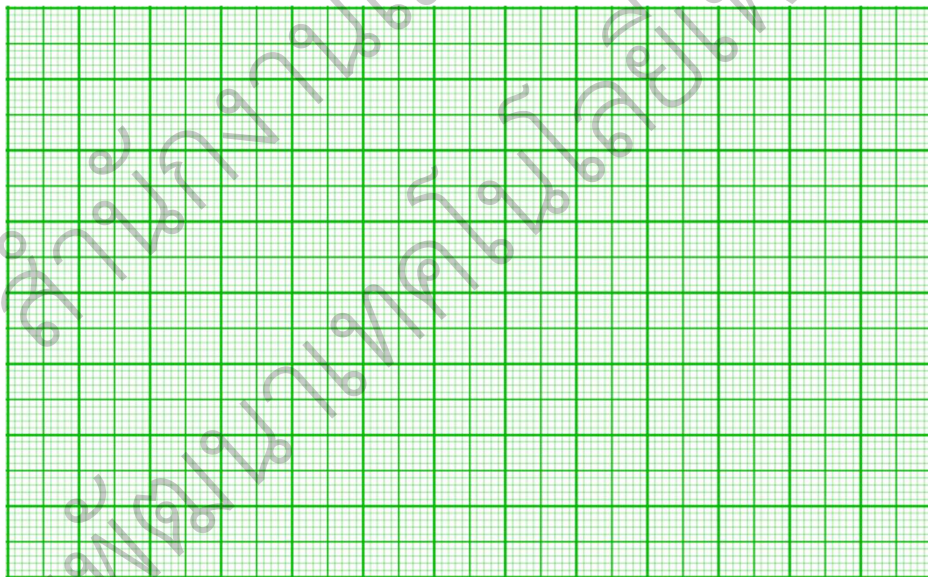
บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 9 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร็วคงที่

- ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตำแหน่งการปรับ ความเร็วรอบ	$a_c(m/s^2)$	$\omega(rad/s)$	$\omega^2(rad^2/s^2)$
1			
2			
3			
4			
5			

- พล็อตกราฟโดยให้แกน x คือ ω^2 และแกน y คือ a_c และจะได้ความชันของกราฟเป็นค่ารัศมี



- คำนวณค่าความชันของกราฟเพื่อหาค่ารัศมีโดยใช้สมการที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่องที่ 10 โมเมนตัมและการดล

วัตถุประสงค์การทดลอง/การสาธิต

1. เพื่อศึกษาโมเมนตัมและการดล
2. เพื่อคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการดล

ทฤษฎี

พิจารณาวัตถุมวล m (เซนเซอร์) ที่วางอยู่บนกระดาษซึ่งวางอยู่บนพื้นราบ เมื่อออกแรงดึงกระดาษ ด้วยแรงค่าหนึ่งจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแรงดึง แล้วหลุดออกจากกระดาษ เนื่องจากแรงเสียดทานสถิตไม่เพียงพอ แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นราบจนกระทั่งหยุดเนื่องจากแรงเสียดทานจลน์ จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้

กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่บนกระดาษ

$$f_s = ma_1 \quad (10.1)$$

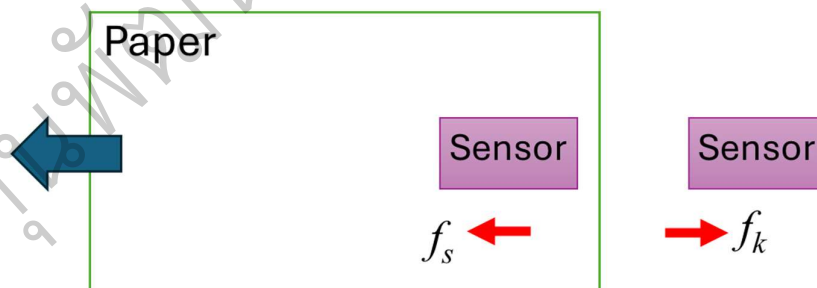
กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นราบ

$$f_k = ma_2 \quad (10.2)$$

และการดลสามารถหาได้จากสมการ

$$I = f\Delta t \quad (10.3)$$

เมื่อ Δt เป็นช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่บนกระดาษ หรือบนพื้น



ภาพที่ 10.1

วัสดุอุปกรณ์

1. สมาร์ทโฟนที่ติดตั้ง phyphox app
2. เซนเซอร์อาร์ดยูโน้
3. กระดาษ A4

วิธีทดลอง

1. ชั่งมวลของเซนเซอร์และเปิดเซนเซอร์และทำการเชื่อมต่อแบบบลูทูธกับสมาร์ทโฟนด้วย phyphox app (ชื่อบลูทูธของเซนเซอร์ PhysicsSWU1 ถึง PhysicsSWU5 ต้องเชื่อมต่อให้ถูกกับเซนเซอร์ที่ได้รับ)
2. สำหรับสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อาร์ดยูโน้ให้เลือกเซนเซอร์วัดความเร่ง สำหรับบันทึกค่า และ กดบันทึกค่า
3. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 10.1 โดยวางเซนเซอร์บนกระดาษ ให้ปลายด้านหนึ่งของเซนเซอร์พ้นจากขอบกระดาษเล็กน้อย
4. ดึงกระดาษด้วยนิ้วเดียวกับเซนเซอร์ กระดาษจะเคลื่อนที่หลุดจากเซนเซอร์ และทำให้เซนเซอร์เคลื่อนที่ตามกระดาษด้วยความเร่ง และหยุดเนื่องจากแรงเสียดทาน
5. สังเกตลักษณะข้อมูลที่บันทึกได้จากเซนเซอร์ บันทึกค่าความเร่งและช่วงเวลาที่เซนเซอร์เคลื่อนที่บนกระดาษและบนพื้น
6. ทำการทดลองซ้ำ
7. คำนวณหาค่าการดลจากสมการที่ 10.3

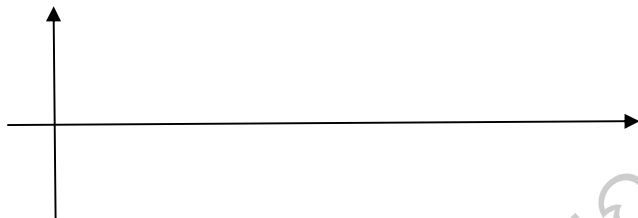
บันทึกผลการทดลอง

เรื่องที่ 10 โมเมนตัมและการดล

มวลของเซนเซอร์ กิโลกรัม

- ให้นักเรียนวาดกราฟที่ได้จากการทดลอง และระบุค่าที่สำคัญสำหรับนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าการ

ดล



- ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองในตารางและคำนวณหาค่าการดลเนื่องจากแรงเสียดทาน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	a_1	Δt_1	a_2	Δt_2
1				
2				
3				
4				
5				

ตารางคำนวณผลการทดลอง

ครั้งที่	f_s	I_1	f_k	I_2
1				
2				
3				
4				
5				

คำนวณหาค่าแรงดล

.....

ภาคผนวก

ค. แบบประเมินสื่อนวัตกรรมจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้
เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ตโฟน

แบบประเมินคู่มือการทดลอง/สาธิต : เรื่องกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

ผู้ประเมิน : รศ.ดร.สมักร์ พิมานแพง

ที่อยู่ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เกณฑ์การประเมิน 5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยมาก

ลำดับ	รายการประเมิน						ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/สาธิต							
1	วัตถุประสงค์สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการทดลอง						
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเขียนได้กระชับและถูกต้องตามหลักวิชาการ						
3	วัสดุและอุปกรณ์ครบถ้วน						
4	ออกแบบวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลอง/สาธิตอ่านเข้าใจการทดลอง/สาธิตได้อย่างง่ายและกระชับ						
4	แบบบันทึกผลการทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทดลอง						
5	การทดลอง/สาธิตสามารถทำการทดลอง/สาธิตได้เสร็จทันในเวลา 2 ชั่วโมง						
ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง							
1	อุปกรณ์การทดลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหา						
2	อุปกรณ์การทดลองใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน						
3	อุปกรณ์มีความคงทน						
4	สามารถทำการทดลอง/สาธิตได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองที่สอดคล้องกับทฤษฎี						
ด้านข้อมูลการทดลอง							
1	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตสามารถอ่านผลการทดลอง/สาธิตได้ง่าย						
2	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับทฤษฎี						

ข้อเสนอแนะ :

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(รศ.ดร.สมักร์ พิมานแพง)

แบบประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบไร้สายและสมาร์ตโฟน

แบบประเมินคู่มือการทดลอง/สาธิต : เรื่องกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

ผู้ประเมิน : ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์

ที่อยู่ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เกณฑ์การประเมิน 5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยมาก

ลำดับ	รายการประเมิน						ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/สาธิต							
1	วัตถุประสงค์สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการทดลอง	✓					
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเขียนได้กระชับและถูกต้องตามหลักวิชาการ	✓					
3	วัสดุและอุปกรณ์ครบถ้วน		✓				
4	ออกแบบวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลอง/สาธิตอ่านเข้าใจการทดลอง/สาธิตได้อย่างง่ายและกระชับ	✓					
4	แบบบันทึกผลการทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทดลอง	✓					
5	การทดลอง/สาธิตสามารถทำการทดลอง/สาธิตได้เสร็จทันในเวลา 2 ชั่วโมง		✓				
ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง							
1	อุปกรณ์การทดลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหา	✓					
2	อุปกรณ์การทดลองใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	✓					
3	อุปกรณ์มีความคงทน		✓				
4	สามารถทำการทดลอง/สาธิตได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองที่สอดคล้องกับทฤษฎี	✓					
ด้านข้อมูลการทดลอง							
1	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตสามารถอ่านผลการทดลอง/สาธิตได้ง่าย	✓					
2	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับทฤษฎี	✓					

ข้อเสนอแนะ :

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์)

ตัวอย่างผลการประเมินจาก ผศ.ดร.ชวรัตน์ ศิริวงษ์

แบบประเมินสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาสื่อวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้เซนเซอร์แบบ
ไร้สายและสมาร์ตโฟน

แบบประเมินคู่มือการทดลอง/สาธิต : เรื่องกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

ผู้ประเมิน : รศ.ดร.สมิคร์ พิมานแพง

ที่อยู่ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เกณฑ์การประเมิน 5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยมาก

ลำดับ	รายการประเมิน						ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
ด้านการออกแบบคู่มือการทดลอง/สาธิต							
1	วัตถุประสงค์สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการทดลอง	✓					
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเขียนได้กระชับและถูกต้องตามหลักวิชาการ		✓				
3	วัสดุและอุปกรณ์ครบถ้วน		✓				
4	ออกแบบวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลอง/สาธิตอ่านเข้าใจการทดลอง/สาธิตได้อย่างง่ายและกระชับ	✓					
4	แบบบันทึกผลการทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทดลอง	✓					
5	การทดลอง/สาธิตสามารถทำการทดลอง/สาธิตได้เสร็จทันในเวลา 2 ชั่วโมง		✓				
ด้านอุปกรณ์การทดลอง/การทดลอง							
1	อุปกรณ์การทดลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหา		✓				
2	อุปกรณ์การทดลองใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน		✓				
3	อุปกรณ์มีความคงทน	✓					
4	สามารถทำการทดลอง/สาธิตได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองที่สอดคล้องกับทฤษฎี	✓					
ด้านข้อมูลการทดลอง							
1	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตสามารถอ่านผลการทดลอง/สาธิตได้ง่าย		✓				
2	ข้อมูลการทดลอง/สาธิตมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับทฤษฎี		✓				

ข้อเสนอแนะ :

.....

.....

.....

ลงชื่อ  ผู้ประเมิน
(รศ.ดร.สมิคร์ พิมานแพง)

ตัวอย่างผลการประเมินจาก รศ.ดร.สมิคร์ พิมานแพง

ภาคผนวก

ง. แบบประเมินเจตคติทางพลศึกษา

แบบประเมินเจตคติสำหรับการทดลอง/การสาธิตโดยใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน

คำแนะนำ โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการทดลองฟิสิกส์ที่นำสมาร์ทโฟนมาใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ต่างๆ

เกณฑ์การประเมิน 5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยมาก

ลำดับ	รายการประเมิน						ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนและเซนเซอร์ในการทดลองทางฟิสิกส์สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจวิชาฟิสิกส์ได้เพิ่มมากขึ้นได้						
2	นักเรียนเชื่อมั่นในความสามารถของนักเรียนในการทำการทดลองทางฟิสิกส์โดยใช้สมาร์ทโฟน						
3	นักเรียนพบว่าแนวคิดในการใช้สมาร์ทโฟนสำหรับการทดลองฟิสิกส์เป็นนวัตกรรมใหม่และน่าตื่นเต้น						
4	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนสำหรับการทดลองฟิสิกส์สามารถทำให้กระบวนการเรียนรู้มีส่วนร่วมและโต้ตอบได้มากขึ้น						
5	นักเรียนเปิดรับการสำรวจวิธีใหม่ๆ ในการทำการทดลองทางฟิสิกส์ แม้ว่าการทดลองเหล่านั้นเกี่ยวข้องกับการใช้สมาร์ทโฟนก็ตาม						
6	นักเรียนคิดว่าการนำสมาร์ทโฟนมาใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาได้						
7	นักเรียนยินดีที่จะอุทิศเวลาและความพยายามในการเรียนรู้วิธีใช้สมาร์ทโฟนเพื่อการทดลองทางฟิสิกส์อย่างมีประสิทธิภาพ						
8	นักเรียนเชื่อว่าการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจในวิชานี้ได้						
9	นักเรียนคิดว่าการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์สามารถทำให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่นักเรียนรู้อุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตจริงได้						
10	นักเรียนตื่นเต้นกับศักยภาพของการใช้สมาร์ทโฟนในการทดลองฟิสิกส์เพื่อยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้โดยรวมของตน						

ข้อเสนอแนะ :

.....

.....

.....

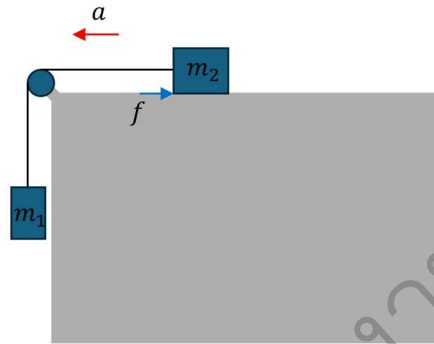
ภาคผนวก

จ. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องกฎของนิวตัน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล เนื่องจากมีแรงเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับกล่องมวล m_2 ทำให้ระบบ
ไม่เคลื่อนที่

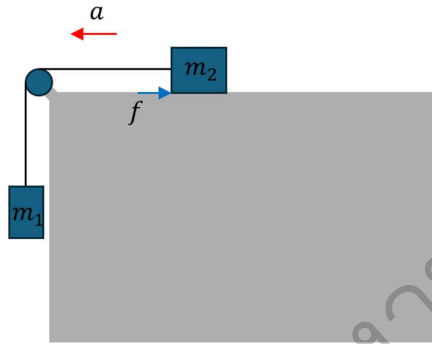


1. เมื่อแขวนมวล m_1 ดังภาพที่ 1 แต่มวลทั้งสอง ยังไม่เคลื่อนที่ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
 - ก. มีแรงเสียดทานจลน์มากระทำกับวัตถุ m_2
 - ข. มีแรงเสียดทานสถิตกระทำกับมวล m_2
 - ค. มวล m_1 มากกว่า m_2
 - ง. มวล m_1 เท่ากับ m_2

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องกฎของนิวตัน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☒ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล จากการคำนวณในกรณีไม่มีแรงเสียดทานจะได้คำตอบเป็นข้อ ค.



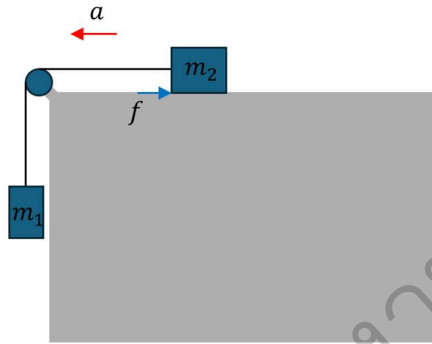
2. กรณีพื้นไม่มีแรงเสียดทานความเร่งของระบบจะมีค่าเท่ากับเท่าใด

- ก. $\frac{m_1+m_2}{m_1} g$
- ข. $\frac{m_2}{m_1} g$
- ค. $\frac{m_1}{m_1+m_2} g$
- ง. $\frac{m_1}{m_2} g$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องกฎของนิวตัน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☒ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณระบบจะเริ่มเคลื่อนที่จะได้คำตอบเป็นข้อ ก.



3. จากภาพที่ 1 ระบบจะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อมวล m_1 มีค่าเท่ากับเท่าใด
 - ก. $\mu_s m_2$
 - ข. $\mu_k m_2$
 - ค. $\frac{\mu_s}{m_2}$
 - ง. $\mu_s m_1$

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องกฎของนิวตัน
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☒ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล จากการคำนวณมวลจะมีความเร่ง 2.5 m/s^2

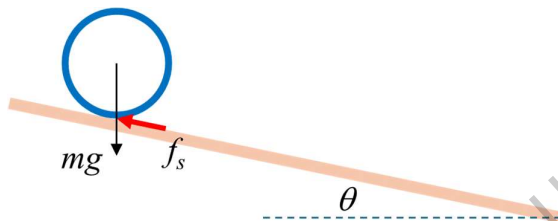
4. ถ้าวางแรง 5 นิวตันกระทำกับมวล 2 kg บนพื้นลื่น มวลนี้จะมีความเร่งเท่าใด

- ก. 1.5 m/s^2
 - ข. 2.5 m/s^2
 - ค. 3.0 m/s^2
 - ง. 4.0 m/s^2
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการกลิ้ง
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล แรงเสียดทานสถิตจะทำให้วัตถุทรงกระบอกกลิ้งลงมาแบบไม่ไถล



5. ขณะที่ทรงกระบอกกลิ้งบนพื้นเอียงจะมีเสียดทานชนิดใดมากระทำกับทรงกระบอกทำให้ทรงกระบอกกลิ้งลงมาแบบไม่ไถล
 - ก. แรงเสียดทานจลน์
 - ข. แรงเสียดทานสถิต
 - ค. แรงเสียดทานกลิ้ง
 - ง. ไม่มีแรงเสียดทาน

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

2. ระดับชั้น ม.4

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)

4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการกลิ้ง

5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล มวลไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่แบบกลิ้งบนพื้นเอียง

6. เมื่อพิจารณาทรงกระบอกกลวง 2 ชนิด ที่มีรัศมีเท่ากัน แต่มวลต่างกัน และปล่อยให้กลิ้งลงมาบนพื้นเอียงแบบไม่ไถลที่มุมมุมหนึ่ง ทรงกระบอกแบบใดจะกลิ้งมาถึงพื้นก่อนกัน

ก. ทรงกระบอกที่มีมวลมากกว่า

ข. ทรงกระบอกที่มีมวลน้อยน้อย

ค. กลิ้งลงมาถึงพื้นพร้อมกัน

ง. ไม่สามารถตอบได้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

2. ระดับชั้น ม.4

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)

4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการกลิ้ง

5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล ทรงกระบอกจะเลื่อนที่ ไม่มีการกลิ้งเนื่องจากไม่มีแรงเสียดทาน

7. ในกรณีที่พื้นไม่มีแรงเสียดทาน ทรงกระบอกที่อยู่บนพื้นเอียงจะเคลื่อนที่แบบใด

ก. กลิ้งพร้อมไถลลงมาบนพื้นเอียง

ข. กลิ้งแบบไม่ไถลด้วยความเร็วเชิงมุมที่มากขึ้น

ค. ทรงกระบอกจะกลิ้งลงมาแล้วเริ่มไถลเมื่อถึงกึ่งกลางพื้นเอียง

ง. ทรงกระบอกเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (ไม่มีการกลิ้ง) บนพื้นเอียง

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

2. ระดับชั้น ม.4

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)

4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการกลิ้ง

5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล ทรงกระบอกจะมีแรงเสียดทานจลน์มากกระทำกับวัตถุ

8. ถ้าวัตถุกลิ้งแบบไถล (นั่นคือกลิ้งไปด้วยไถลไปด้วย แรงเสียดทานที่มากกระทำกับวัตถุเป็นแรงเสียดทานชนิดใด

ก. แรงเสียดทานจลน์

ข. แรงเสียดทานสถิต

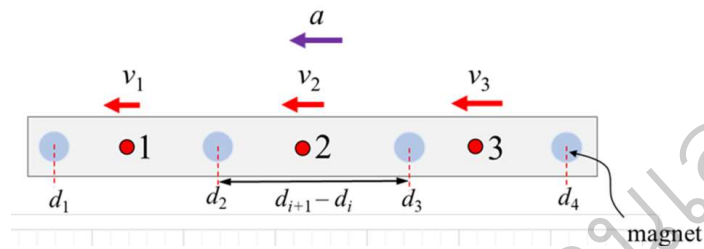
ค. ทั้งแรงเสียดทานจลน์และแรงเสียดทานสถิต

ง. แรงเสียดทานกลิ้ง

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้ความเร็วของวัตถุเป็น 20 cm/s



9. วัตถุขนาดยาว 10 cm ติดแม่เหล็กที่ปลายทั้งสองด้าน แล้วเคลื่อนที่แนวตรงผ่านเซนเซอร์แม่เหล็ก พบว่าเวลาตรวจวัดแม่เหล็กก้อนที่ 1 มีค่าเป็น 1.25 s และเวลาตรวจวัดสนามแม่เหล็กก้อนที่ 2 มีค่าเป็น 1.75 s จงคำนวณหาความเร็วของวัตถุนี้
 - ก. 10 cm/s
 - ข. 20 cm/s
 - ค. 40 cm/s
 - ง. 80 cm/s

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล ข้อมูลไม่เพียงพอในการคำนวณหาความเร่ง

10. จากข้อมูลการทดลองข้อที่ 7 จงคำนวณหาความเร่งของวัตถุ

- ก. 10 cm/s^2
 - ข. 20 cm/s^2
 - ค. 40 cm/s^2
 - ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
-

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็น 25 cm/s

11. จากข้อมูลการทดลองข้อที่ 7 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ 5 cm/s^2 หลังจากวัตถุผ่านเซนเซอร์แม่เหล็กไปแล้วเป็นเวลา 1 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเท่าใด
- ก. 25 cm/s
 - ข. 30 cm/s
 - ค. 35 cm/s
 - ง. 40 cm/s
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

2. ระดับชั้น ม.4

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)

4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็น 7 m/s

12. ถ้าวัตถุเริ่มต้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ด้วยความเร่งคงที่ 1 m/s^2 เมื่อเวลาผ่าน 2 วินาที

วัตถุจะมีความเร็วเป็นเท่าใด

ก. 6 m/s

ข. 7 m/s

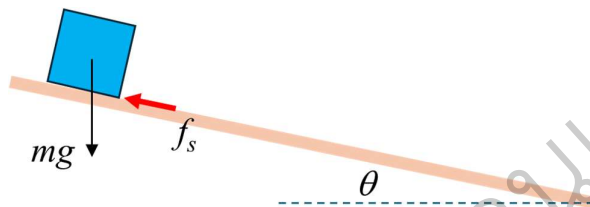
ค. 8 m/s

ง. 9 m/s

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องแรงเสียดทาน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล แรงเสียดทานที่กระทำกับวัตถุในกรณีนี้เป็นแรงเสียดทานสถิต

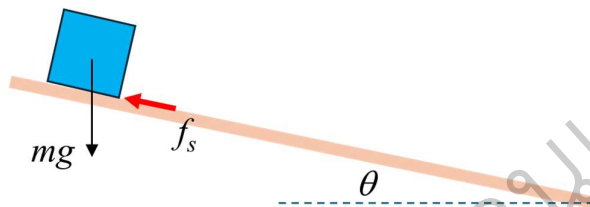


13. วัตถุมวล m วางอยู่บนพื้นเอียงที่ทำมุม θ กับพื้นดังภาพที่ 4 แต่ยังไม่ไถลลงบนพื้นเอียง ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
- ก. มีแรงเสียดทานจลน์กระทำกับวัตถุ
 - ข. มีแรงเสียดทานสถิตกระทำกับวัตถุ
 - ค. ไม่มีแรงเสียดทานจลน์มากระทำกับวัตถุ
 - ง. ไม่มีแรงเสียดทานสถิตมากระทำกับวัตถุ

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องแรงเสียดทาน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล จากกรคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ค.



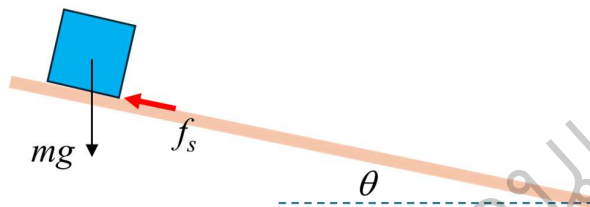
14. จากภาพมุมของพื้นเอียงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมวล m เริ่มไถลลงบนพื้นที่มีมุม θ จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต μ_s

- ก. $\sin \theta$
- ข. $\cos \theta$
- ค. $\tan \theta$
- ง. $\csc \theta$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการแรงเสียดทาน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล จากกรคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ข.



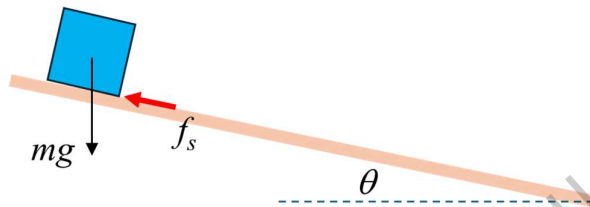
15. วัตถุจะไถลลงมาจากพื้นเอียงด้วยความเร่ง a เมื่อใด

- ก. $mg \sin \theta = \mu_k mg \cos \theta$
- ข. $mg \sin \theta > \mu_k mg \cos \theta$
- ค. $mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta$
- ง. $mg \sin \theta < \mu_s mg \cos \theta$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการแรงเสียดทาน
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล ไม่มีแรงเสียดทานมากกระทำกับวัตถุ เนื่องจากไม่มีแรงภายนอกมากกระทำกับวัตถุ

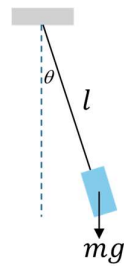


16. ในกรณีที่มุม θ เท่ากับศูนย์จะมีแรงเสียดทานชนิดใดมากกระทำกับวัตถุ
- ก. มีแรงเสียดทานสถิต
 - ข. มีแรงเสียดทานจลน์
 - ค. ไม่มีแรงเสียดทาน
 - ง. ไม่สามารถตอบได้

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล มวลไม่มีผลต่อคาบเวลา



17. จากภาพ แสดงเพนดูลัมอย่างง่าย เมื่อเพิ่มมวล m เป็นสองเท่า จะทำให้คาบการสั่นของระบบเป็นอย่างไร
- ก. เท่าเดิม
 - ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
 - ค. ลดลงครึ่งหนึ่ง
 - ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
-

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากกรคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก.

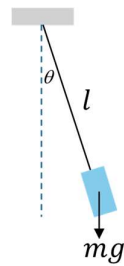
18. เพนดูลัมอย่างง่ายของระบบหนึ่งมีคาบการสั่นเป็น 1.75 s จงคำนวณหาความยาวของเส้นเชือกของระบบเพนดูลัมนี้

- ก. 0.487g
ข. 0.587g
ค. 0.687g
ง. 0.787g
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากกรคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก.



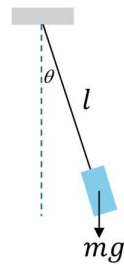
19. จากภาพ เมื่อความยาวของเชือกลดลงครึ่งหนึ่ง คาบการสั่นของระบบจะมีค่าเป็นเท่าใด

- ก. $\pi \sqrt{\frac{2l}{g}}$
- ข. $\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$
- ค. $\pi \sqrt{\frac{2g}{l}}$
- ง. $\pi \sqrt{\frac{g}{2l}}$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล เนื่องจากการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนไปในลักษณะเป็นฟิสิกส์เพนดูลัม จึงทำให้คาบการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น

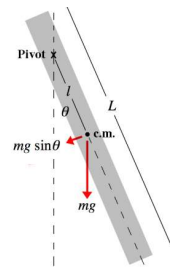


20. ถ้าเชือกมีมวลจะทำให้คาบการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมเป็นอย่างไร
- ก. เพิ่มขึ้น
 - ข. ลดลง
 - ค. เท่าเดิม
 - ง. ไม่สามารถตอบได้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบพิกัดเพนดูลัม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล เพราะอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของทำให้หมุนง่ายสุด



21. แท่งไม้อันหนึ่งมีจุดหมุน a, b, c และ d ดังภาพที่ตำแหน่งใดวัตถุหมุนได้ง่ายสุดหรือมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดหมุนได้น้อยสุด
- ก. a
 - ข. b
 - ค. c
 - ง. d

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบพิกัดเพนดูลัม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล เพราะที่ทำตำแหน่งนี้แห้งไม่จะมีหมื่นซ้ำทำให้คาบเวลาการเคลื่อนที่มากที่สุด

22. จากข้อมูลข้อที่ 21 ถ้าแขวนแท่งไม้ที่ตำแหน่งใดทำให้ได้คาบการสั่นของระบบมากที่สุด

- ก. a
 - ข. b
 - ค. c
 - ง. d
-

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบพิกัดเพนดูลัม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จะทำให้คาบการสั่นของระบบเพิ่มมากขึ้น

23. ถ้าเพิ่มมวล m แขนงที่ตำแหน่งปลายของพิกัดเพนดูลัมข้อ 21 จะทำให้คาบการสั่นของระบบเป็นอย่างไร
- ก. เพิ่มขึ้น
 - ข. ลดลง
 - ค. ลดลง $\frac{1}{2}$ จากเดิม
 - ง. ไม่สามารถตอบได้
-

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบพิกัดเพนดูลัม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล เนื่องจากการเพิ่มมวลที่ตำแหน่งจุดหมุนจะไม่เพิ่มโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบ

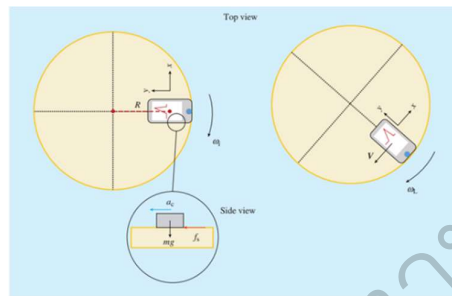
24. ถ้าเพิ่มมวล m ที่ตรงจุดหมุนของพิกัดเพนดูลัมจะทำให้คาบการสั่นของระบบเป็นอย่างไร

- ก. เพิ่มขึ้น
 - ข. ลดลง
 - ค. เท่าเดิม
 - ง. ไม่สามารถตอบได้
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล เพราะที่ทำตำแหน่งนี้จะมีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางมากที่สุด ทำให้วัตถุหลุดออกจากจานหมุนก่อน



25. ถ้าวางวัตถุที่ตำแหน่ง a, b, c และ d บนจานหมุน เมื่อจานหมุนเริ่มหมุนด้วยความเร็วที่เพิ่มมากขึ้น วัตถุที่ตำแหน่งใดจะเคลื่อนที่หลุดจากจานหมุนท้ายสุด

- ก. a
- ข. b
- ค. c
- ง. d

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล เพราะที่ทำตำแหน่งนี้รัศมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางมีค่าเป็นศูนย์

26. จากข้อ 25 ที่ตำแหน่งใดไม่มีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่กระทำกับวัตถุ

- ก. a
 - ข. b
 - ค. c
 - ง. จุดศูนย์กลางของจานหมุน
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

2. ระดับชั้น ม.4

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)

4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล มีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง และเป็นแรงเสียดทานสถิต

27. จงระบุทิศทางของแรงและชนิดของแรงที่กระทำกับวัตถุที่วางบนจานหมุนที่กำลังหมุน โดยที่วัตถุไม่เคลื่อนที่

ก. พุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง-แรงเสียดทานจลน์

ข. พุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง-แรงเสียดทานจลน์

ค. พุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง-แรงเสียดทานสถิต

ง. พุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง-แรงเสียดทานสถิต

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☒ การเข้าใจ ☐ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล ไม่ทราบค่ามวลจึงทำให้ไม่สามารถหาคำตอบได้

28. วัตถุอยู่ห่างจากจุดหมุน 5 m หมุนด้วยความเร็ว 2 m/s จะมีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางเท่าใด

ก. 2 N

ข. 5 N

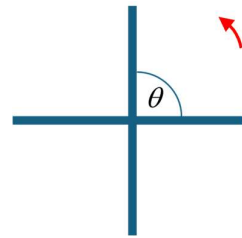
ค. 20 N

ง. ไม่สามารถหาคำตอบได้เนื่องจากไม่ทราบค่ามวล

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก.



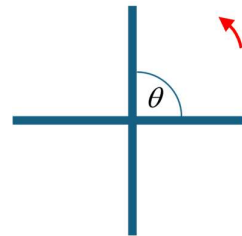
29. จงคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุมของแท่งไม้ที่หมุนผ่านเซนเซอร์แม่เหล็กได้ใน 1 รอบ เมื่อวัดเวลาที่แท่งไม้ในภาพ เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ได้เป็น 1.75 s, 2.00 s, 2.25 s และ 2.50 s

- ก. $\frac{\pi}{0.125} \text{ rad/s}$
- ข. $\frac{\pi}{0.25} \text{ rad/s}$
- ค. $\frac{\pi}{0.50} \text{ rad/s}$
- ง. $\frac{\pi}{0.75} \text{ rad/s}$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก. เนื่องจากอัตราเร็วเชิงมุมเท่าเดิม



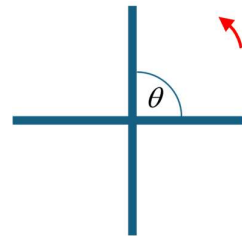
30. จากข้อมูลข้อที่ 22 จงคำนวณหาความเร่งเชิงมุม

- ก. 0
- ข. $\frac{\pi}{0.125} \text{ rad/s}^2$
- ค. $\frac{\pi}{0.50} \text{ rad/s}^2$
- ง. $\frac{\pi}{0.75} \text{ rad/s}^2$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ค. เนื่องจากอัตราเร็วเชิงมุมไม่เท่าเดิม



31. แท่งไม้ในภาพ เคลื่อนที่แบบหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ เมื่อแท่งไม้ที่หมุนผ่านเซนเซอร์แม่เหล็กได้ใน 1 รอบ พบว่าวัดเวลาได้เป็น 1.75 s, 2.00 s, 2.15 s และ 2.20 s

- ก. $40\pi \text{ rad/s}^2$
- ข. $80\pi \text{ rad/s}^2$
- ค. $160\pi \text{ rad/s}^2$
- ง. $320\pi \text{ rad/s}^2$

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

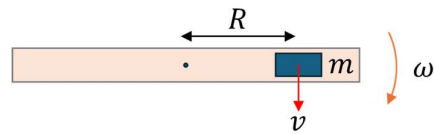
เหตุผล จากกรคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ค.

32. ถ้าแผ่น CD หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ 1 rad/s^2 ถ้าเริ่มต้นหมุนจากหยุดนิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที แผ่น CD จะมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่าใด
- ก. 3 rad/s
 - ข. 4 rad/s
 - ค. 5 rad/s
 - ง. 6 rad/s
-

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก.



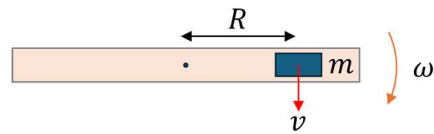
33. จากภาพ ตีวัตถุมวล 0.5 kg ที่ระยะ 0.2 m บนแขนที่หมุนได้ พบว่ามีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางมากระทำเป็น 5 N แขนนี้หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมเท่าใด

- ก. $\sqrt{50}$
- ข. $\sqrt{100}$
- ค. $\sqrt{150}$
- ง. $\sqrt{200}$

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล เนื่องจากระยะรัศมีมีค่าเป็นศูนย์จึงทำให้ไม่มีแรงมากระทำกับวัตถุ

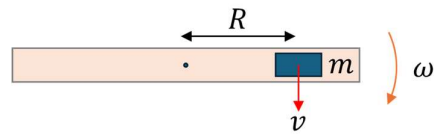


34. ถ้าวางวัตถุมวล m บนแกนที่หมุนได้ ดังภาพ ที่ตำแหน่งใดแรงที่กระทำกับมวล m มีค่าเป็นศูนย์
- ก. ตำแหน่งปลายของแกน
 - ข. ตำแหน่ง $1/4$ ของแกน
 - ค. ตำแหน่ง $1/3$ ของแกน
 - ง. ตำแหน่งจุดหมุน

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล เนื่องจากแรงเสียดทานสถิตจะทำให้วัตถุอยู่บนจานหมุน ถ้าแต่แรงนี้น้อยกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลางจะทำให้วัตถุหลุดจากจาน

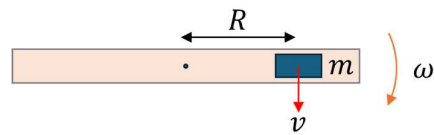


35. ถ้าวางวัตถุมวล m ที่ด้านปลายของแขนหมุนได้ ดังภาพ และเมื่อแขนเริ่มหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมค่าหนึ่ง มวล m จะเคลื่อนที่หลุดจากแขนหมุนเมื่อใด
- ก. เมื่อแรงเสียดทานจลน์น้อยกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
 - ข. เมื่อแรงเสียดทานจลน์มากกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
 - ค. เมื่อแรงเสียดทานสถิตน้อยกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
 - ง. เมื่อแรงเสียดทานสถิตมากกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จากการคำนวณจะได้คำตอบเป็นข้อ ก.

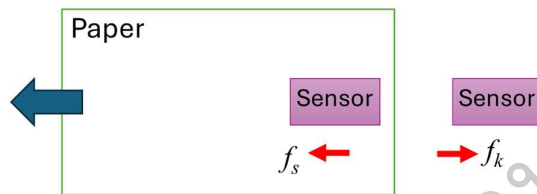


36. วัตถุอันหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ 5 m/s ที่ตำแหน่งห่างจากจุดหมุน 0.5 m จะมีอัตราเร็วเชิงมุมเป็นเท่าใด
- ก. 10 rad/s
 - ข. 20 rad/s
 - ค. 30 rad/s
 - ง. 40 rad/s

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการดล
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล จะเป็นแรงเสียดทานสถิต เนื่องจากทำให้เซนเซอร์เคลื่อนที่ตามกระดาษไปด้วยระยะหนึ่ง

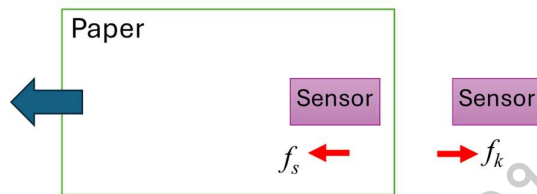


37. จากภาพ เมื่อดึงกระดาษด้วยแรงค่าหนึ่งไปทางซ้ายมือ ทำให้วัตถุ (sensor) หลุดจากกระดาษ จงระบุชนิดและทิศทางของแรงเสียดทานระหว่างกระดาษกับวัตถุ
- ก. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางซ้ายมือ
 - ข. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางขวามือ
 - ค. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางซ้ายมือ
 - ง. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางขวามือ

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการดล
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล จะเป็นแรงเสียดทานจลน์ เนื่องจากทำให้เซนเซอร์เคลื่อนที่แบบไกลบนพื้น

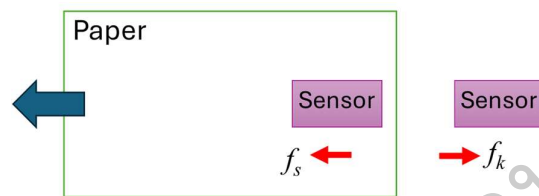


38. จากภาพ เมื่อดึงกระดาษด้วยแรงค่าหนึ่งไปทางซ้ายมือ ทำให้วัตถุ (sensor) หลุดจากกระดาษ จงระบุชนิดและทิศทางของแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุ
- ก. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางซ้ายมือ
 - ข. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางขวามือ
 - ค. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางซ้ายมือ
 - ง. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางขวามือ

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
2. ระดับชั้น ม.4
3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการดล
5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล โมเมนตัมและการดลของแรงเสียดทานจะมีค่าคงที่



39. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับโมเมนตัมและการของแรงเสียดทานของเหตุการณ์ในภาพ

- ก. โมเมนตัมและการดลไม่คงที่
- ข. โมเมนตัมคงที่ แต่การดลไม่คงที่
- ค. โมเมนตัมและการดลคงที่
- ง. โมเมนตัมไม่คงที่ แต่การดลคงที่

-
1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 2. ระดับชั้น ม.4
 3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เพิ่มเติมฟิสิกส์)
 4. ผลการเรียนรู้ สังเกตและอธิบาย ทำการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการดล
 5. ระดับพฤติกรรม ☐ การจำ ☐ การเข้าใจ ☒ การนำไปใช้ ☐ การวิเคราะห์ ☐ การสร้างสรรค์
-

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล โมเมนตัมและการดลของแรงเสียดทานจะมีค่าคงที่

40. มวล 5 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 m/s จะมีโมเมนตัมเท่าใด

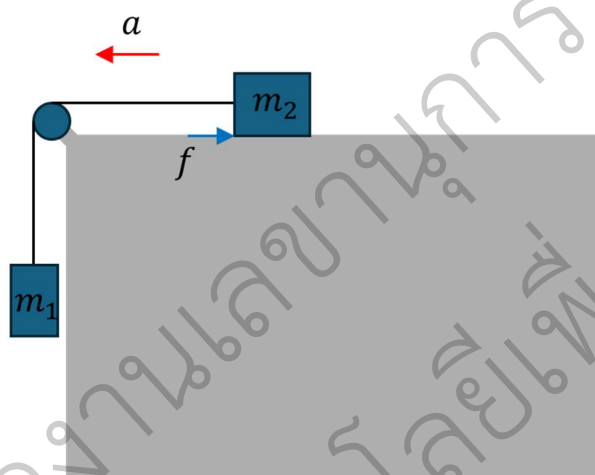
- ก. 50 kg m/s
 - ข. 75 kg m/s
 - ค. 100 kg m/s
 - ง. 125 kg m/s
-

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) วิชาฟิสิกส์

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ เวลา 60 นาที

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมายกากบาทลงในตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่แจกให้

เรื่องที่ 1 กฎของนิวตัน



ภาพที่ 1

- เมื่อแขวนมวล m_1 ดังภาพที่ 1 แต่มวลทั้งสอง ยังไม่เคลื่อนที่ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
 - มีแรงเสียดทานจลน์มากกระทำกับวัตถุ m_2
 - มีแรงเสียดทานสถิตกระทำกับมวล m_2
 - มวล m_1 มากกว่า m_2
 - มวล m_1 เท่ากับ m_2
- กรณีพื้นไม่มีแรงเสียดทานความเร่งของระบบจะมีค่าเท่ากับเท่าใด
 - $\frac{m_1+m_2}{m_1} g$
 - $\frac{m_2}{m_1} g$
 - $\frac{m_1}{m_1+m_2} g$
 - $\frac{m_1}{m_2} g$

3. จากภาพที่ 1 ระบบจะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อมวล m_1 มีค่าเท่ากับเท่าใด

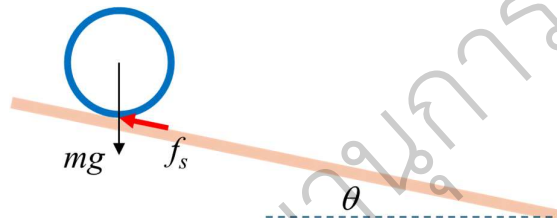
ก. $\mu_s m_2$

ข. $\mu_k m_2$

ค. $\frac{\mu_s}{m_2}$

ง. $\mu_s m_1$

เรื่องที่ 2 การกลิ้งของทรงกระบอก



ภาพที่ 2

4. ขณะที่ทรงกระบอกกลิ้งบนพื้นเอียงจะมีเสียดทานชนิดใดมากระทำกับทรงกระบอกทำให้ทรงกระบอกกลิ้งลงมาแบบไม่ไถล

ก. แรงเสียดทานจลน์

ข. แรงเสียดทานสถิต

ค. แรงเสียดทานกลิ้ง

ง. ไม่มีแรงเสียดทาน

5. เมื่อพิจารณาทรงกระบอกกลวง 2 ชนิด ที่มีรัศมีเท่ากัน แต่มวลต่างกัน และปล่อยให้กลิ้งลงมาบนพื้นเอียงแบบไม่ไถลที่มุมหนึ่ง ทรงกระบอกแบบใดจะกลิ้งมาถึงพื้นก่อนกัน

ก. ทรงกระบอกที่มีมวลมากกว่า

ข. ทรงกระบอกที่มีมวลน้อยน้อย

ค. กลิ้งลงมาถึงพื้นพร้อมกัน

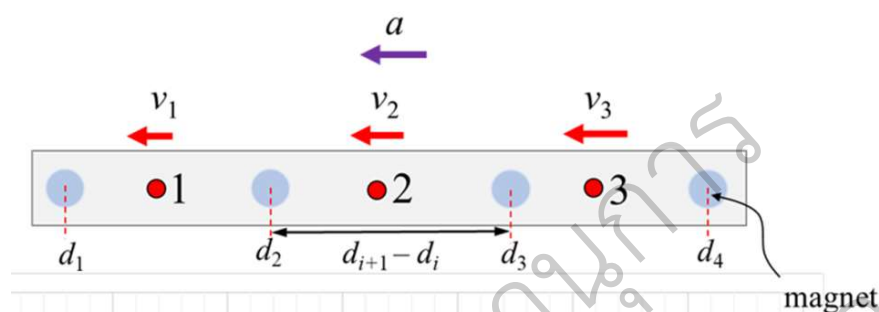
ง. ไม่สามารถตอบได้

6. ในกรณีที่พื้นไม่มีแรงเสียดทาน ทรงกระบอกที่อยู่บนพื้นเอียงจะเคลื่อนที่แบบใด

ก. กลิ้งพร้อมไถลลงมาบนพื้นเอียง

- ข. กลิ้งแบบไม่ไถลด้วยความเร็วเชิงมุมที่มากขึ้น
- ค. ทรงกระบอกจะกลิ้งลงมาแล้วเริ่มไถลเมื่อถึงกึ่งกลางพื้นเอียง
- ง. ทรงกระบอกเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (ไม่มีการกลิ้ง) บนพื้นเอียง

เรื่องที่ 3 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง



ภาพที่ 3

7. วัตถุขนาดยาว 10 cm ติดแม่เหล็กที่ปลายทั้งสองด้าน แล้วเคลื่อนที่แนวตรงผ่านเซนเซอร์แม่เหล็ก พบว่าเวลาตรวจวัดแม่เหล็กก้อนที่ 1 มีค่าเป็น 1.25 s และเวลาตรวจวัดสนามแม่เหล็กก้อนที่ 2 มีค่าเป็น 1.75 s จงคำนวณหาความเร็วของวัตถุนี้
 - ก. 10 cm/s
 - ข. 20 cm/s
 - ค. 40 cm/s
 - ง. 80 cm/s
8. จากข้อมูลการทดลองข้อที่ 7 จงคำนวณหาความเร่งของวัตถุ
 - ก. 10 cm/s^2
 - ข. 20 cm/s^2
 - ค. 40 cm/s^2
 - ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

9. จากข้อมูลการทดลองข้อที่ 7 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ 5 cm/s^2 หลังจากวัตถุผ่านเซนเซอร์แม่เหล็กไปแล้วเป็นเวลา 1 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเท่าใด

ก. 25 cm/s
 ข. 30 cm/s
 ค. 35 cm/s
 ง. 40 cm/s

เรื่องที่ 4 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



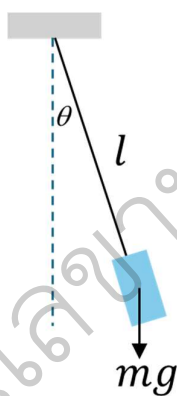
ภาพที่ 4

10. วัตถุมวล m วางอยู่บนพื้นเอียงที่ทำมุม θ กับพื้นดังภาพที่ 4 แต่ยังไม่ไถลลงบนพื้นเอียง ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
- ก. มีแรงเสียดทานจลน์กระทำกับวัตถุ
 ข. มีแรงเสียดทานสถิตกระทำกับวัตถุ
 ค. ไม่มีแรงเสียดทานจลน์มากระทำกับวัตถุ
 ง. ไม่มีแรงเสียดทานสถิตมากระทำกับวัตถุ
11. จากภาพที่ 4 มุมของพื้นเอียงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมวล m เริ่มไถลลงบนพื้นที่มุม θ จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต μ_s
- ก. $\sin \theta$
 ข. $\cos \theta$
 ค. $\tan \theta$
 ง. $\csc \theta$

12. วัตถุจะไถลลงมาจากพื้นเอียงด้วยความเร่ง a เมื่อใด

- ก. $mg \sin \theta = \mu_k mg \cos \theta$
- ข. $mg \sin \theta > \mu_k mg \cos \theta$
- ค. $mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta$
- ง. $mg \sin \theta < \mu_s mg \cos \theta$

เรื่องที่ 5 เพนดูลัมอย่างง่าย



ภาพที่ 5

13. จากภาพที่ 5 แสดงเพนดูลัมอย่างง่าย เมื่อเพิ่มมวล m เป็นสองเท่า จะทำให้คาบการสั่นของระบบเป็นอย่างไร

- ก. เท่าเดิม
- ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
- ค. ลดลงครึ่งหนึ่ง
- ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

14. เพนดูลัมอย่างง่ายของระบบหนึ่งมีคาบการสั่นเป็น 1.75 s จงคำนวณหาความยาวของเส้นเชือกของระบบเพนดูลัมนี้

- ก. $0.487g$
- ข. $0.587g$
- ค. $0.687g$
- ง. $0.787g$

15. จากภาพที่ 5 เมื่อความยาวของเชือกกลดลงครึ่งหนึ่ง คาบการสั่นของระบบจะมีค่าเป็นเท่าใด

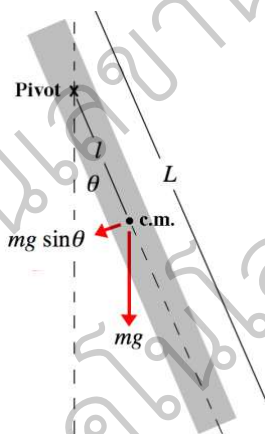
ก. $\pi \sqrt{\frac{2l}{g}}$

ข. $\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$

ค. $\pi \sqrt{\frac{2g}{l}}$

ง. $\pi \sqrt{\frac{g}{2l}}$

เรื่องที่ 6 ฟิสิกส์เพนดูลัม



ภาพที่ 6

16. แท่งไม้อันหนึ่งมีจุดหมุน a, b, c และ d ดังภาพที่ 6 ที่ตำแหน่งใดวัตถุหมุนได้ง่ายที่สุดหรือมีโมเมนต์

ความเฉื่อยรอบจุดหมุนได้น้อยที่สุด

ก. a

ข. b

ค. c

ง. d

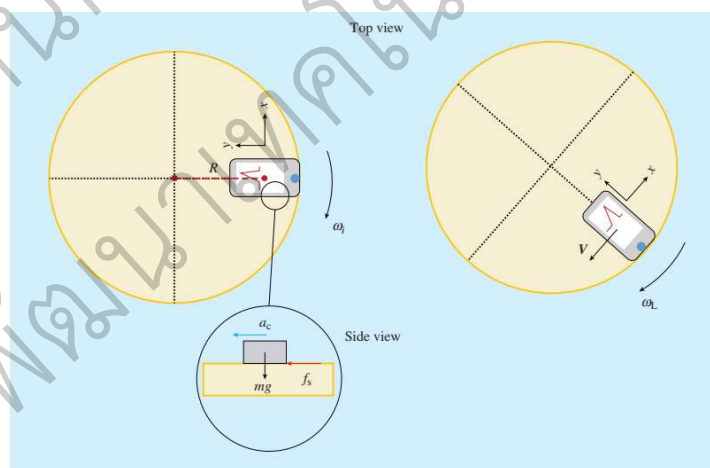
17. จากข้อมูลข้อที่ 16 ถ้าแขวนแท่งไม้ที่ตำแหน่งใดทำให้ได้คาบการสั่นของระบบมากที่สุด

- ก. a
- ข. b
- ค. c
- ง. d

18. ถ้าเพิ่มมวล m แขวนที่ตำแหน่งปลายของฟิสิกส์เพนดูลัมข้อ 16 จะทำให้คาบการสั่นของระบบเป็นอย่างไร

- ก. เพิ่มขึ้น
- ข. ลดลง
- ค. ลดลง $\frac{1}{2}$ จากเดิม
- ง. ไม่สามารถตอบได้

เรื่องที่ 7 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพที่ 7

19. ถ้าวางวัตถุที่ตำแหน่ง a, b, c และ d บนจานหมุน เมื่อจานหมุนเริ่มหมุนด้วยความเร็วที่เพิ่มมากขึ้น วัตถุที่ตำแหน่งใดจะเคลื่อนที่หลุดจากจานหมุนท้ายสุด

ก. a

ข. b

ค. c

ง. d

20. จากข้อ 19 ที่ตำแหน่งใดไม่มีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่กระทำกับวัตถุ

ก. a

ข. b

ค. c

ง. จุดศูนย์กลางของจานหมุน

21. จงระบุทิศทางของแรงและชนิดของแรงที่กระทำกับวัตถุที่วางบนจานหมุนที่กำลังหมุน โดยที่วัตถุไม่เคลื่อนที่

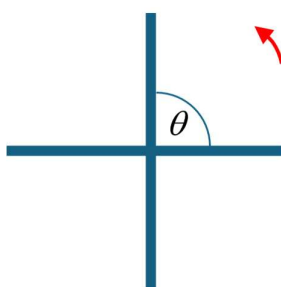
ก. พุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง-แรงเสียดทานจลน์

ข. พุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง-แรงเสียดทานจลน์

ค. พุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง-แรงเสียดทานสถิต

ง. พุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง-แรงเสียดทานสถิต

เรื่องที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร่งคงที่



ภาพที่ 8

22. จงคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุมของแท่งไม้ที่หมุนผ่านเซนเซอร์แม่เหล็กได้ใน 1 รอบ เมื่อวัดเวลาที่แท่งไม้ในภาพที่ 8 เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ได้เป็น 1.75 s, 2.00 s, 2.25 s และ 2.50 s

- ก. $\frac{\pi}{0.125} \text{ rad/s}$
 ข. $\frac{\pi}{0.25} \text{ rad/s}$
 ค. $\frac{\pi}{0.50} \text{ rad/s}$
 ง. $\frac{\pi}{0.75} \text{ rad/s}$

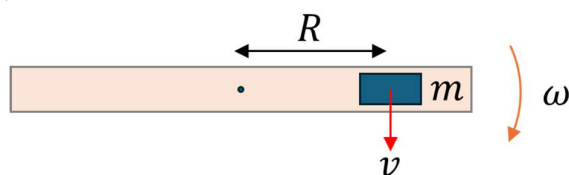
23. จากข้อมูลข้อที่ 22 จงคำนวณหาความเร่งเชิงมุม

- ก. 0
 ข. $\frac{\pi}{0.125} \text{ rad/s}^2$
 ค. $\frac{\pi}{0.50} \text{ rad/s}^2$
 ง. $\frac{\pi}{0.75} \text{ rad/s}^2$

24. แท่งไม้ในภาพที่ 8 เคลื่อนที่แบบหมุนด้วยอัตราเร่งเชิงมุมคงที่ เมื่อแท่งไม้ที่หมุนผ่านเซนเซอร์แม่เหล็ก
 ได้ใน 1 รอบ พบว่าวัดเวลาได้เป็น 1.75 s, 2.00 s, 2.15 s และ 2.20 s

- ก. $40\pi \text{ rad/s}^2$
 ข. $80\pi \text{ rad/s}^2$
 ค. $160\pi \text{ rad/s}^2$
 ง. $320\pi \text{ rad/s}^2$

เรื่อง 9 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่



ภาพที่ 9

25. จากภาพประกอบที่ 9 ตีวัตถุมวล 0.5 kg ที่ระยะ 0.2 m บนแกนที่หมุนได้ พบว่ามีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางมากระทำเป็น 5 N แกนนี้หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมเท่าใด

- ก. $\sqrt{50}$
- ข. $\sqrt{100}$
- ค. $\sqrt{150}$
- ง. $\sqrt{200}$

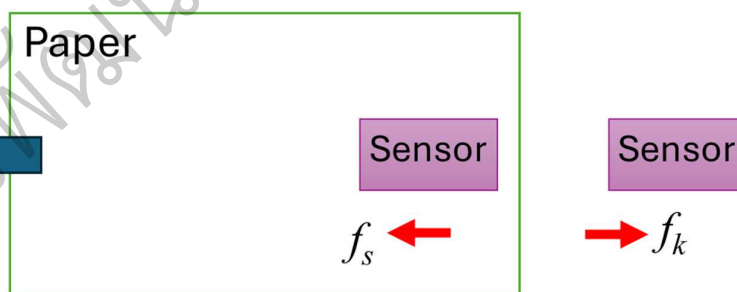
26. ถ้าวางวัตถุมวล m บนแกนที่หมุนได้ ดังภาพที่ 9 ที่ตำแหน่งใดแรงที่กระทำกับมวล m มีค่าเป็นศูนย์

- ก. ตำแหน่งปลายของแกน
- ข. ตำแหน่ง $1/4$ ของแกน
- ค. ตำแหน่ง $1/3$ ของแกน
- ง. ตำแหน่งจุดหมุน

27. ถ้าวางวัตถุมวล m ที่ด้านปลายของแกนหมุนได้ ดังภาพที่ 9 และเมื่อแกนเริ่มหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมค่าหนึ่ง มวล m จะเคลื่อนที่หลุดจากแกนหมุนเมื่อใด

- ก. เมื่อแรงเสียดทานจลน์น้อยกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
- ข. เมื่อแรงเสียดทานจลน์มากกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
- ค. เมื่อแรงเสียดทานสถิตน้อยกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง
- ง. เมื่อแรงเสียดทานสถิตมากกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

เรื่องที่ 10 โมเมนตัมและการดล



ภาพที่ 10

28. จากภาพประกอบที่ 10 เมื่อตีกระดาษด้วยแรงค่าหนึ่งไปทางซ้ายมือ ทำให้วัตถุ (sensor) หลุดจากกระดาษ จงระบุชนิดและทิศทางของแรงเสียดทานระหว่างกระดาษกับวัตถุ

- ก. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางซ้ายมือ
- ข. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางขวามือ
- ค. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางซ้ายมือ
- ง. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางขวามือ

29. จากภาพประกอบที่ 10 เมื่อดึงกระดาดด้วยแรงค่าหนึ่งไปทางซ้ายมือ ทำให้วัตถุ (sensor) หลุดจากกระดาด จงระบุชนิดและทิศทางของแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุ

- ก. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางซ้ายมือ
- ข. แรงเสียดทานสถิต ทิศทางขวามือ
- ค. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางซ้ายมือ
- ง. แรงเสียดทานจลน์ ทิศทางขวามือ

30. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับโมเมนต์และการของแรงเสียดทานของเหตุการณ์ในภาพที่ 10

- ก. โมเมนต์และการดลไม่คงที่
- ข. โมเมนต์คงที่ แต่การดลไม่คงที่
- ค. โมเมนต์และการดลคงที่
- ง. โมเมนต์ไม่คงที่ แต่การดลคงที่

ภาคผนวก

ฉ. การหาคุณภาพของเครื่องมือ

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์ ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	คำถามข้อที่	ระดับความเห็น			IOC	สรุปผล
		+1	0	-1		
1. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องกฎของนิวตัน	1	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	2	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	3	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	4	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
2. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องการกลิ้ง	5	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	6	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	7	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	8	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
3. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	9	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	10	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	11	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	12	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
4. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องแรงเสียดทาน	13	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	14	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	15	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	16	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
5. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องเพนดูลัมอย่างง่าย	17	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	18	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	19	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	20	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC

6. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องฟิสิกส์เพนดูลัม	21	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	22	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	23	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	24	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
7. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องแรงเสียดทาน	25	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	26	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	27	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	28	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
8. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	29	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	30	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	31	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	32	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
9. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	33	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	34	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	35	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	36	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
10. สังเกต อธิบาย และทำการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการดล	37	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	38	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	39	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	40	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC

ข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียนมีค่าความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

ตาราง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกใน กลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกใน กลุ่มต่ำ	P	r	ข้อที่เลือก
1	6	3	0.60	0.20	ใช้ได้
2	4	1	0.33	0.20	ใช้ได้
3	4	1	0.33	0.20	ใช้ได้
4	5	2	0.46	0.20	ใช้ได้
5	4	1	0.33	0.20	ใช้ได้
6	6	1	0.46	0.33	ใช้ได้
7	4	1	0.33	0.20	ใช้ได้
8	7	2	0.60	0.33	ใช้ได้
9	3	0	0.20	0.20	ใช้ได้
10	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
11	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
12	6	0	0.40	0.40	ใช้ได้
13	7	2	0.60	0.33	ใช้ได้
14	5	1	0.47	0.33	ใช้ได้
15	7	2	0.47	0.20	ใช้ได้
16	7	3	0.67	0.27	ใช้ได้
17	6	1	0.53	0.40	ใช้ได้
18	5	2	0.53	0.27	ใช้ได้
19	5	2	0.46	0.20	ใช้ได้
20	6	1	0.40	0.27	ใช้ได้
21	6	1	0.47	0.33	ใช้ได้
22	7	1	0.47	0.33	ใช้ได้
23	3	2	0.60	0.33	ใช้ได้
24	7	0	0.20	0.20	ใช้ได้
25	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
26	5	1	0.53	0.40	ใช้ได้
27	6	0	0.33	0.33	ใช้ได้
28	5	2	0.35	0.27	ใช้ได้
29	5	1	0.40	0.27	ใช้ได้
30	5	2	0.47	0.20	ใช้ได้
31	7	3	0.67	0.27	ใช้ได้

32	6	2	0.53	0.26	ใช้ได้
33	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
34	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
35	5	2	0.47	0.20	ใช้ได้
36	6	1	0.47	0.33	ใช้ได้
37	3	0	0.20	0.20	ใช้ได้
38	7	1	0.53	0.40	ใช้ได้
39	6	2	0.53	0.27	ใช้ได้
40	5	2	0.47	0.20	ใช้ได้

แบบทดสอบผ่านเกณฑ์ความยากง่าย (p) และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ที่อยู่ในเกณฑ์ มีทั้งหมด 40 ข้อ

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ตาราง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องกลศาสตร์

นักเรียนคนที่	คะแนน		ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D ²)
	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)		
1	7	24	17	289
2	4	25	21	441
3	9	19	10	100
4	5	18	13	169
5	7	20	13	169
6	12	28	16	256
7	10	20	10	100
8	6	19	13	169
9	8	22	14	196
10	9	26	17	289
11	4	20	16	256
12	20	28	8	64
13	10	25	15	225
14	6	19	13	169
15	7	17	10	100
16	9	19	10	100
17	21	29	8	64
18	10	25	15	225
19	12	26	14	196
20	15	28	13	169
21	4	17	13	169
22	16	28	12	144
23	10	25	15	225
24	7	20	13	169
25	8	18	10	100
26	6	17	11	121
27	12	25	13	169

28	10	22	12	144
29	11	23	12	144
30	6	14	8	64
31	3	18	15	225
32	7	19	12	144
33	10	24	14	169
34	14	23	9	81
35	15	27	12	144
36	9	24	15	225
37	8	22	14	196
38	12	22	10	100
39	12	22	10	100
40	5	18	13	169
รวม	371	867	496	6606
ค่าเฉลี่ย	9.28	21.68		
S.D.	4.12	3.83		

ภาคผนวก

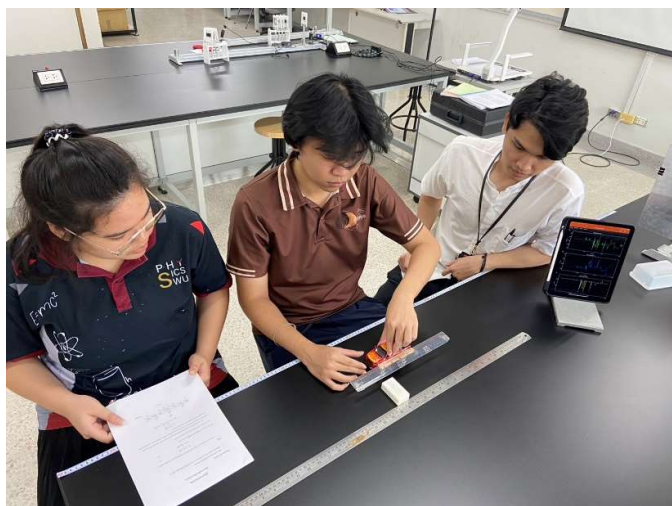
ข. วิดีโอตัวอย่างประกอบการทดลอง/การสาธิต และประมวลภาพตัวอย่างการจัดการเรียนการสอน



ภาพที่ 1 การทดลอง/สาธิต เรื่องที่ 1 กฎของนิวตัน



ภาพที่ 2 การทดลอง/สาธิต เรื่องที่ 2 การกลิ้งของทรงกระบอก



ภาพที่ 3 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 3 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง



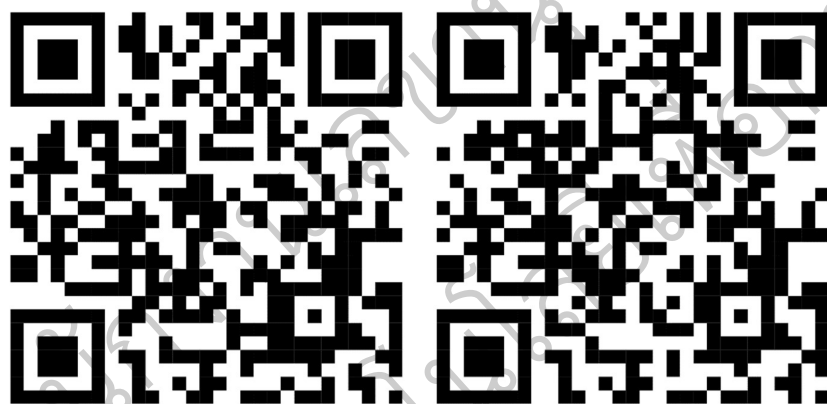
ภาพที่ 4 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 4 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



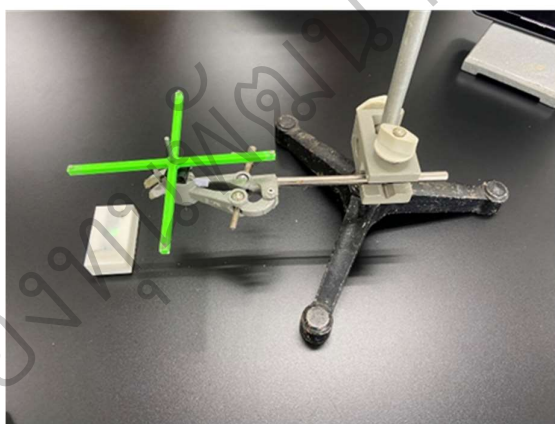
ภาพที่ 5 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 5 เพนดูลัมอย่างง่าย



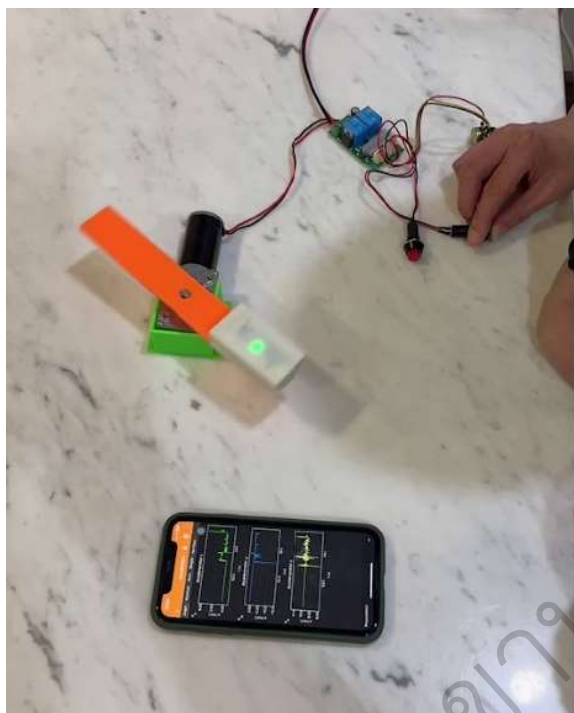
ภาพที่ 6 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 6 ฟิสิกส์เพนดูลัม



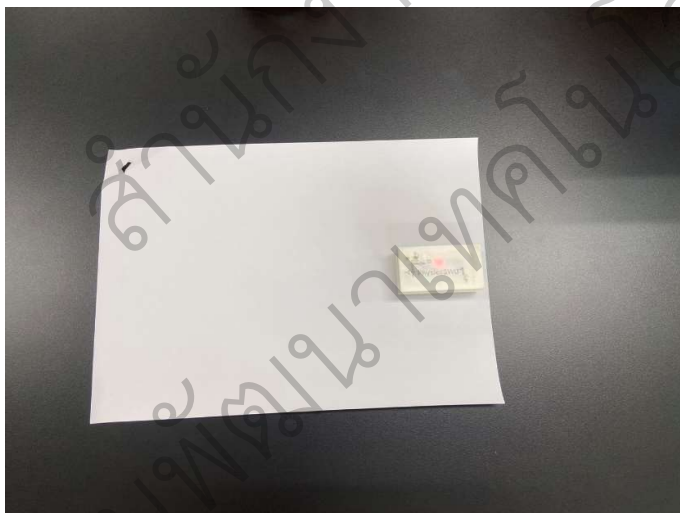
ภาพที่ 7 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 7 การหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพที่ 8 การทดลอง/สาธิต เรื่องที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยความเร่งคงที่



ภาพที่ 9 การทดลอง/การสาธิต เรื่องที่ 9 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

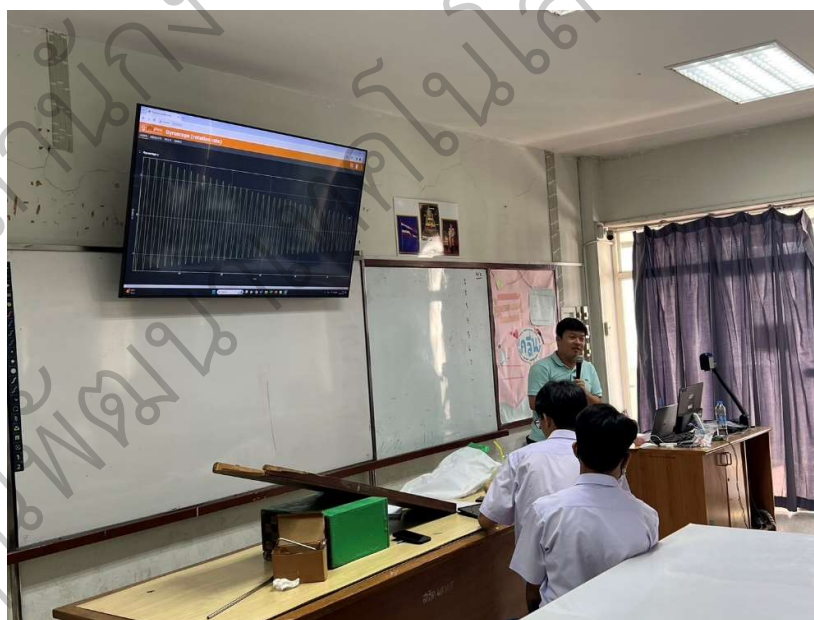


ภาพที่ 10 การทดลอง/สาธิต เรื่องที่ 10 โมเมนตัมและการดล

ประมวลภาพตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนด้วยการใช้ชุดเซนเซอร์อาร์ดุยโนร่วมกับสมาร์ทโฟน และการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ฟิสิกส์ และการทำแบบประเมินเจตคติทางฟิสิกส์









ข้อที่ 2 การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยทางสถิติ

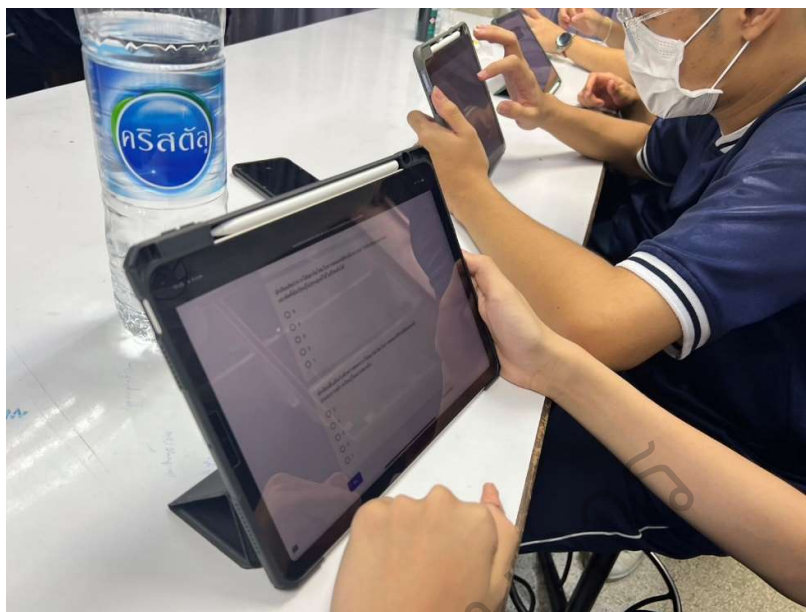
พิจารณาการเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุที่มีความยาว $2R$ และมวล M โดยที่มวลกระจายอย่างสม่ำเสมอ

R (m)	ω_1 (rad/s)	ω_2 (rad/s)	g/R (1/s ²)
0.08	-6.4874649	41.0870707634	898.35
0.08	-5.5000084	17.1194	485
0.15	-4.57062	23.16397	10.40

การเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุที่มีความยาว $2R$ และมวล M โดยที่มวลกระจายอย่างสม่ำเสมอ







สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา