การศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกาด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล PIC

A Study Acceleration due to Gravity from Experiment Set on Simple Pendulum by PIC-Microcontroller

นายณัฐพล วรหาญ[1,2,3], นายศาทร ว่องดี[2], ผศ.ดร.ณรงค์ สังวาระนที[3]

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

[2]โรงเรียนโยธินบูรณะ

[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา โดยสร้างชุดประมวลผลสัญญาณออกเป็น 3 ส่วนคือ วงจรส่งสัญญาณ วงจรรับสัญญาณ และ วงจรควบคุม ทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ โดยการนำชุดอุปกรณ์ที่สร้างมาทำการทดลองเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกของจังหวัดกรุงเทพฯ และเปรียบเทียบกับค่าในทางทฤษฎี พบว่า ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเฉลี่ยและเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 9.823 m/s^2 และ 0.408% และ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนและค่า R-Squared (R^2) ที่ได้จากการเขียนกราฟเท่ากับ 9.842 m/s^2 ,0.603% และ 0.9998

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา, ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, PIC- **Microcontroller**

Abstract

The propose of this research is to study an acceleration due to gravity from experiment set on Simple Pendulum by creating a device. there are 3 parts of the device that compose of Transmitter circuit, Receiver circuit and Controller circuit. The device is tested an ability for finding acceleration due to gravity of Bangkok province and comparing with the theory. The study found that the average of acceleration due to gravity and the error percentage from calculation is 9.823 m/s^2 and 0.408%. In additional, the average of acceleration due to gravity, the error percentage and R-Squared (R^2) from graph plotter is 9.842 m/s^2 , 0.603% and 0.9998 respectively.

Keywords: Simple Pendulum, Acceleration due to Gravity, PIC- **Microcontroller**

บทนำ

เทคนิคหรือเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือในผลของการวัดถือเป็นสิ่งที่นักวิจัยทุกคนต้องการเป็นอย่างยิ่ง การวัดค่าคงที่ต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก หากผู้วิจัยต้องการผลการวัดที่มีความละเอียดมากๆ เพราะความแตกต่างเพียงเล็กน้อยของค่าคงที่ต่างๆ นั้นสามารถทำให้ข้อมูลที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนและไม่ตรงกับทฤษฎีที่กำหนดไว้

สำหรับค่าคงที่ที่สำคัญต่อการวิจัยทางด้านฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ และดาราศาสตร์ค่าหนึ่ง คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งทดสอบนั้นเอง ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ถือว่าเป็นมาตรฐานสากลในปัจจุบันประมาณ 9.817 เมตร/วินาที^{2} ซึ่งค่าคงที่นี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเนื่องจากสภาพทางพื้นผิวของโลกที่แตกต่างกันไปของแต่ละภูมิประเทศ ดังนั้นเครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อนักวิจัยทุกคน ซึ่งในอดีตได้มีการสร้างและออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่หลากหลาย เช่น ลูกตุ้มเพนดูลัม การตกอย่างอิสระของวัตถุ เป็นต้น และเนื่องจากการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ จะมีการจัดการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และทักษะจากการทดลองด้วยตนเองเช่นกัน ดังนั้นอุปกรณ์การทดลองหรือสื่อการเรียนการสอนที่ดีและสามารถวัดผลได้แม่นยำจึงถือเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ควรมีในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ ซึ่งจากการสังเกตการณ์ทดลองปฏิบัติการทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับเวลา เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถได้ผลการทดลองที่แม่นยำ ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน และทำให้การทดลองที่ทำเกิดความล่าช้า

จากเหตุผลดังกล่าว รวมทั้งผู้วิจัยได้ทำการสอนรายวิชาฟิสิกส์จึงได้ตัดสินใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา โดยใช้ PIC-Microcontroller ในการจับเวลา แล้วทดสอบสมรรถนะของชุดทดลองเปรียบเทียบผลที่ได้กับทางทฤษฎีให้มีความแม่นยำและเที่ยงตรง ก่อนที่จะนำอุปกรณ์การทดลองนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะของชุดทดลองในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยเปรียบเทียบกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกทางทฤษฎี

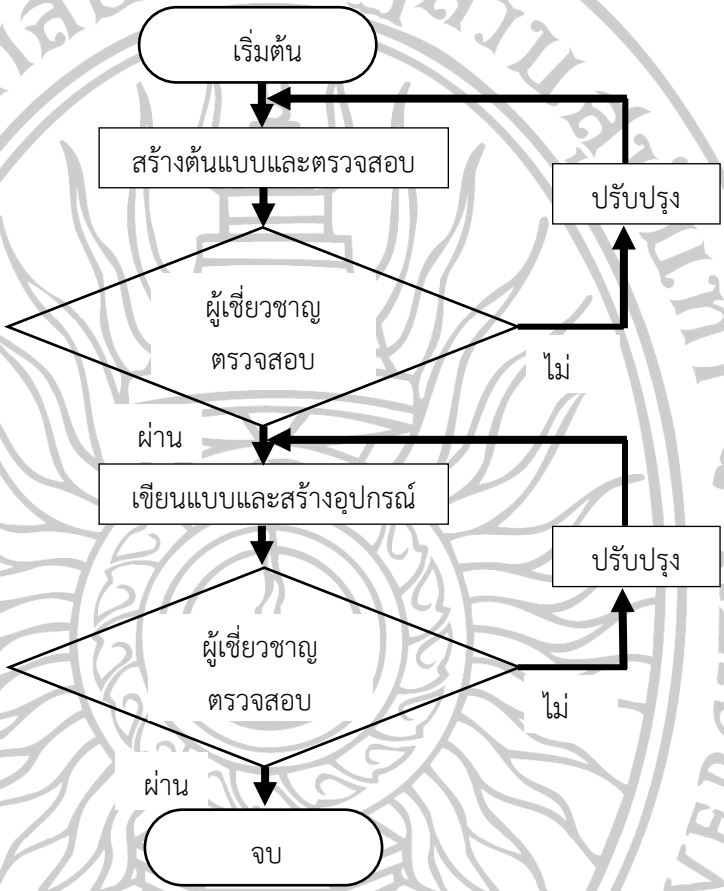
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง เพื่อออกแบบและการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา และทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎี

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบและการสร้างชุดอุปกรณ์การทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา

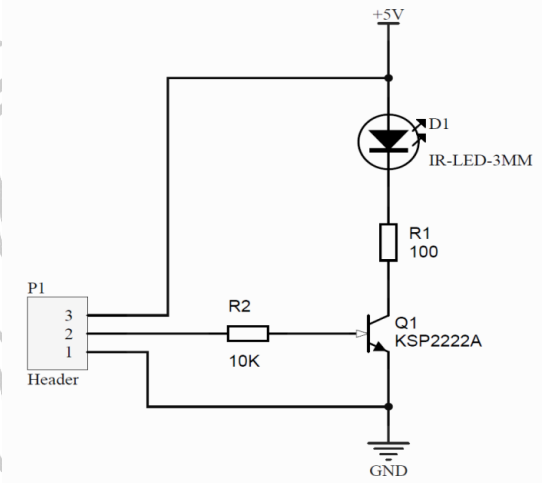
2.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์

ชุดการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกามีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนและมีหลักการทำงาน ดังนี้

2.2.1 วงจรตัวส่ง (Transmitter Circuit)

วงจรตัวส่งประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด IR - LED (D1) ถูกต่อแบบไบอัสตรง (Forward Bias) เป็นตัวส่งสัญญาณไปยังวงจรตัวรับ ซึ่งตัวต้านทาน R1 ค่า 100 Ω เป็นตัวกำหนดค่ากระแส I_c ไว้ที่ 30 mA ส่วนตัวต้านทาน R2 ค่า 10 $k\Omega$ เป็นตัวกำหนดกระแส I_b และแบ่งแรงดัน +5 V

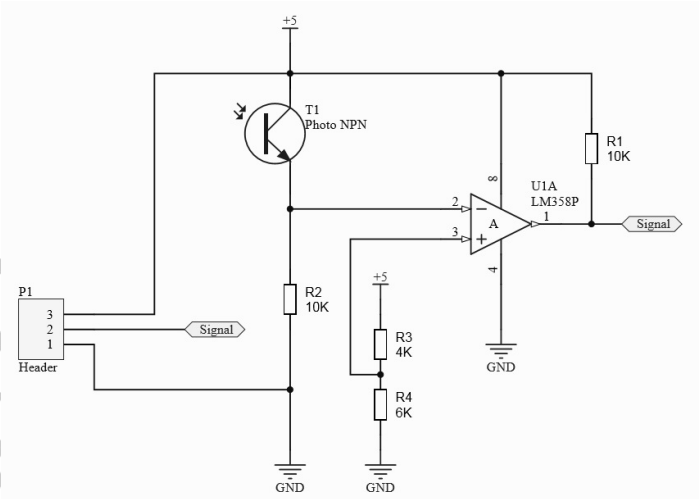
จากขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ และทรานซิสเตอร์ Q1 ชนิด NPN เบอร์ PN2222ATA ทำหน้าที่เป็น สวิตซ์เปิด-ปิดสัญญาณ ในกรณีที่จ่ายแรงดัน +5 V ผ่านขาเบส (Bass) ของทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและเปล่งแสงอินฟราเรดออกมา แต่หากจ่ายแรงดัน 0 V ผ่านขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะตัด (Cut off) หรือหยุดการทำงานทำให้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดไม่ทำงาน



ภาพที่ 2 วงจรตัวส่ง (Transmitter Circuit)

2.2.2 วงจรตัวรับ (Receiver Circuit)

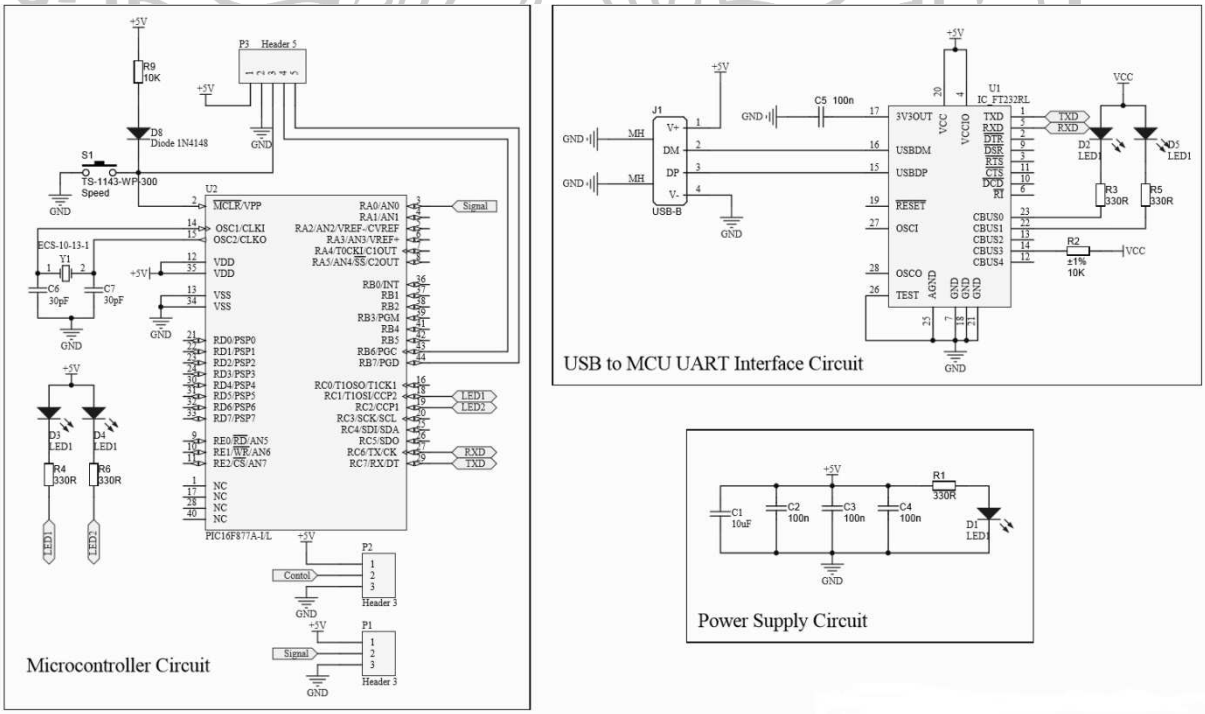
หลักการคือ เมื่อมีสัญญาณอินฟราเรด (Infrared signal) จากตัวส่ง มาตกกระทบที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (T1) จะทำให้เกิดแรงดันประมาณ +4.5V ตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R2 ค่า 10$k\Omega$ แรงดันนี้จะถูกป้อนมาที่ขาด้านเข้ากลับขั้ว (Inverting input) ขาที่ 2 ของออปแอมป์ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง ในที่นี้ค่าแรงดันอ้างอิง V_{ref} ที่ขาด้านเข้าไม่กลับขั้ว(Non-Inverting input)ขาที่ 3 ของออปแอมป์ มีค่าแรงดันอยู่ +3V ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงดันขาเข้า ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต ที่ขา 1 ของออปแอมป์จะให้ค่าเป็น 0V หากกรณีที่ไม่มีสัญญาณอินฟราเรด (Infrared signal) จากตัวส่ง มาตกกระทบที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (T1) ค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R2 ค่า 10 $k\Omega$ อยู่ที่ 0V และถูกป้อนมาที่ขาด้านเข้ากลับขั้ว (Inverting input) ขาที่ 2 ของออปแอมป์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงข้างต้น จึงทำให้แรงดันเอาต์พุต ที่ขา 1 ของออปแอมป์มีค่าเท่ากับ +5V ค่าแรงดันที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ต่อไป



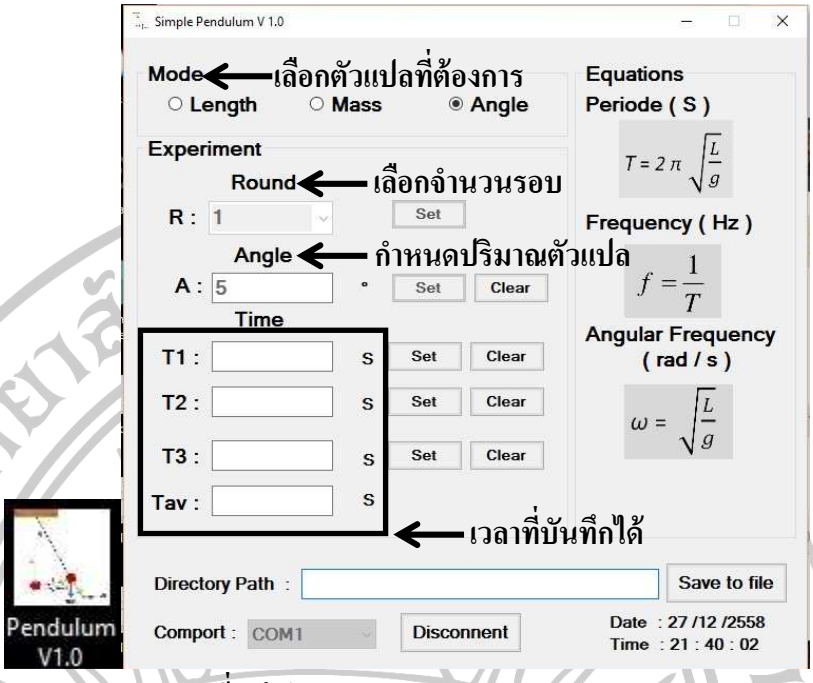
ภาพที่ 3 วงจรตัวรับ (Receiver Circuit)

2.2.3 วงจรประมวลผล (Microcontroller Circuit)

หลักการ คือ เมื่อมีสัญญาณผ่านเข้ามาขา RA0 (Signal) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการ ตรวจวัดสัญญาณที่ 0 *V* และทำการจับเวลาโดยใช้ตัวจับเวลา Timer โดยจะมี Led1 และ Led2 ทำการแสดงผลบนบอร์ด หลังการทำการทดลองเสร็จไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลและส่งข้อมูลผ่านขา TXD ไปยัง FT232RL (U1) เพื่อทำหน้าแปลงระดับสัญญาณ ส่งข้อมูลผ่านพอร์ต USB ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บผลด้วยโปรแกรม Simple Pendulum V 1.0 ต่อไปดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 วงจรประมวลผล (Microcontroller Circuit)



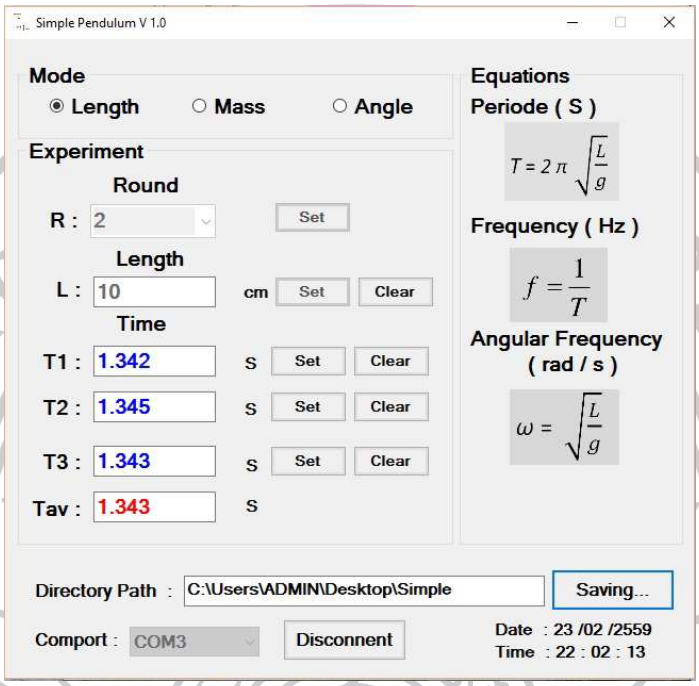
ภาพที่ 5 โปรแกรม Simple Pendulum V 1.0

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา ประกอบด้วย วงจรตัวส่ง, วงจรตัวรับ, วงจรควบคุม, โปรแกรม Simple Pendulum V1.0, ขาตั้ง และลูกตุ้มเหล็ก ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา

ทำการทดลองโดยนำลูกตุ้มเหล็กมวล m แขวนอยู่กับเชือกยาว 10 เซนติเมตร ทำมุมประมาณ 5 องศา แกว่งกลับไปกลับมาผ่านเครื่องจับเวลา รอจนกว่าเครื่องจับเวลาจะหยุดทำงานและบันทึกค่าเวลา (t) ลงในโปรแกรม Simple Pendulum V1.0 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทำงานของโปรแกรม Simple Pendulum V1.0 ในคอมพิวเตอร์

จากนั้นปรับความยาวเชือก l ให้เพิ่มขึ้นทีละ 5 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองซ้ำเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจนความยาวเชือกเป็น 30 เซนติเมตร (อรรถกร ภูพวก, 2551, หน้า 66-72)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเสร็จการทดลองจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยการคำนวณจากสมการที่ (1) แล้วหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่าแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากทฤษฎี เพื่อทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์การทดลองในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับทางทฤษฎีจากสมการหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

จาก $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad \text{.....(1)}$$

เพื่อเป็นการยืนยันสมรรถนะของอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตได้เป็นกราฟ เพื่อสร้างเป็นสมการเส้นตรงสำหรับใช้ในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

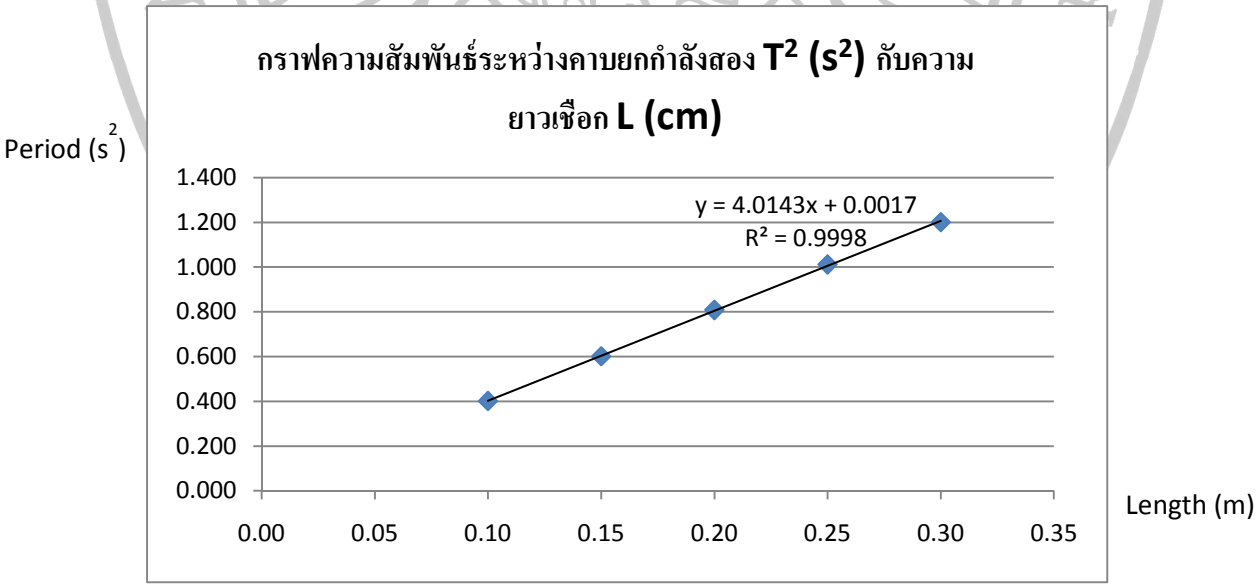
ผลการวิจัย

หลังจากออกแบบและสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกาเสร็จแล้วจึงนำอุปกรณ์ที่ได้ไปทดลองทำการทดลองเก็บข้อมูลโดยการจับเวลาเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากนั้นหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกาเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

Round	*Length* (m)	T_1 $(s/round)$	T_2 $(s/round)$	T_3 $(s/round)$	T_{avg} $(s/round)$	T^2_{avg}	g (m/s^2)
2	0.30	1.098	1.094	1.096	1.096	1.200	9.877
2	0.25	1.008	1.003	1.006	1.006	1.011	9.767
2	0.20	0.899	0.901	0.898	0.899	0.808	9.777
2	0.15	0.775	0.777	0.776	0.776	0.601	9.855
2	0.10	0.636	0.632	0.634	0.634	0.402	9.840
						$g_{avg} = 9.823$	

จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกาสามารถหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเฉลี่ยได้เท่ากับ 9.823 m/s^2 และมีค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนที่คำนวณ ประมาณ 0.408%



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบยกกำลังสองกับความยาวเชือกของลูกตุ้มนาฬิกา

ภาพที่ 8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบยกกำลังสองกับความยาวเชือกของลูกตุ้มนาฬิกาที่ได้จากการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา แล้วนำมาพล็อตเป็นกราฟเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ได้เป็น $y = 4.0143x + 0.0017$ ซึ่งจากสมการเส้นตรงทำให้ทราบว่าความชันของกราฟ (Slope) เท่ากับ 4.0143 จากนั้นนำความชันที่ได้ไปคำนวณหาค่าความโน้มถ่วงของโลกจากสมการที่ (3) ได้เป็น 9.842 m/s^2 มีค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนที่คำนวณจากสมการที่ (4) ประมาณ 0.603% และมีค่า R-Squared (R^2) เท่ากับ 0.9998 หมายความว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเชือกของลูกตุ้มนาฬิกาสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงคาบของการแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายที่เปลี่ยนไปได้ 99.98% หรือบอกได้ว่าสมการนี้มีความถูกต้อง 99.98%

อภิปรายผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา ซึ่งมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ วงจรส่งสัญญาณ วงจรรับสัญญาณ และ วงจรควบคุม เพื่อทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์การทดลองให้สามารถวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้อย่างแม่นยำ โดยการนำอุปกรณ์ทดลองที่สร้างขึ้นไปทำการทดลองเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้ทั้งจากการคำนวณและการเขียนกราฟแล้วจึงนำผลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่าในทางทฤษฎี ซึ่งในทางทฤษฎีที่ถือเป็นค่ามาตรฐานสากลระบุว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมีค่าเท่ากับ 9.817 m/s^2 (Quintin T. Nethercott and M. Evelynn Walton 2016: 7) สำหรับกรุงเทพฯเท่ากับ 9.783 m/s^2 (วิภาดา งามสม, 2553, หน้า 69).สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551, หน้า 40) และจากการศึกษาวิจัยพบว่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 9.823 m/s^2 และ 0.408% ตามลำดับ และ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนและค่า R-Squared (R^2) ที่ได้จากการเขียนกราฟเท่ากับ 9.842 m/s^2 ,0.603% และ 0.9998 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีสำหรับกรุงเทพฯ

ข้อเสนอแนะ

1. จัดทำพัฒนาอุปกรณ์ทดลองนี้ให้สามารถนำไปใช้ในการศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ได้ทั้งแบบลูกตุ้มนาฬิกา และ แบบสปริง
2. จัดทำพัฒนาอุปกรณ์ทดลองให้เป็นแบบไร้สายเพื่อให้การนำอุปกรณ์การทดลองไปใช้งานจริงมีความสะดวกสบาย และ คล่องตัวมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา., หน้า 40.

วิภาดา งามสม. (2553). การตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกโดยตัวเก็บประจุทรงกระบอก (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง)., หน้า 69

อรรถกร ภูพวก. (2551). การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี)., หน้า 66-72.

Quintin T. Nethercott and M. Evelynn Walton, (2016). Determining the Acceleration Due to Gravity with a Simple Pendulum [Undergraduate Experiment], Department of Physics, University of Utah. Retrieved August 24, 2015, from http://www.phys.utk.edu/labs/simplependulum.pdf, page 7