ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ศิริพร รัตนพันธ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ศิริพร รัตนพันธ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

COMPUTER INTERFACE EXPERIMENT OF CIRCULAR MOTION

SIRIPORN RATTANAPHUN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science in Science Education

Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Academic Year 2012

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ผู้วิจัย นางศิริพร รัตนพันธ์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ดร.ปานจิต มุสิก)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ดร.จิต นวนแก้ว)

.....กรรมการ

(ดร.ปานจิต มุสิก)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ชัย หญิงประยูร)

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไว้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(อาจารย์สมพงค์ เหมือนเพชร)

ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

วันที่ 11 เดือน เมษายน พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
ผู้วิจัย	ศิริพร รัตนพันธ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ศึกษา
ประธานอาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปานจิต มุสิก
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองและชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ชุดตรวจจับวัตถุส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ต USB ใช้โปรแกรมควบคุมชุดการทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุและแสดงผลตามเวลาจริง ที่มีความละเอียดในระดับ 10 มิลลิวินาที นำข้อมูลที่ได้จาก การทดลองไปเขียนแบบกราฟแสดงคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม ด้วยโปรแกรม Scilab หาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยกับคาบ

ผลการวิจัยพบว่า

กราฟที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นโค้งและเมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสองพบว่ากราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคงที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง สอดคล้องกับลักษณะกราฟของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองคาบการเคลื่อนแบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab เมื่อนำค่าที่ได้จากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.10 และสามารถนำชุดทดลองไปประยุกต์ใช้ หาค่าความเร่งเนื่องจากแรง โน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 10.23 m/s^2

Abstract

The Title	Computer Interface Experimental of Circular Motion
The Author	Mrs.Siriporn Rattanaphun
Program	Science Education
Thesis Chairman	Dr. Panjit Musik
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Hussachai Sittirak

The objective of this research project is to design and build an experiment kit to study the period of circular motion. The experiment kit sends signal to a microcontroller, and then to the computer through the USB port. A computer program is used to control the microcontroller which sensors the period of motion and displays the result in real time with an accuracy of 10 milliseconds. The data obtained from the experiment is used to produce a graph by Scilab to determine the relationship between the height of the cone and the period.

The result was as follow:

The graph showing the height versus the period shows an increasing trend but the relationship is not linear. When the graph is modified to show the height versus the square of the period, it shows a linear relationship. This result agreed with the theoretical result obtained from a model produced by Scilab with a 4.10% error. The experiment kit can also be used to determine the acceleration due to gravity, which gives a value of 10.23 m/s^2.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษาแนวทางในการทำวิจัยจาก ดร.ปานจิต มุสิก ประธานอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำในการวิจัยทุกขั้นตอนจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงานวิจัยและรู้ถึงคุณค่าของงานวิจัยที่จะนำไปใช้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งถึงความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นายอนุชิต ไล่ทัน และนายเจมส์ ฟู ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ แสดงข้อคิดเห็น และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีในการสร้างอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บุคคลในครอบครัว พ่อแม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา และครู อาจารย์ ผู้วางรากฐานการศึกษาแก่ผู้วิจัย

ศิริพร รัตนพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

ข้อตกลงเบื้องต้น 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

ประโยชน์ของการวิจัย 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

การเคลื่อนที่แบบวงกลม 6

ชุดทดลอง 10

ชุดตรวจจับวัตถุ 10

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 11

อินเตอร์เฟส 16

โปรแกรม Scilab 16

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 22
การออกแบบและสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 23
การออกแบบชุดอินเตอร์เฟสสำหรับวัดคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม 24
การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โปรแกรมแสดงผลการทดลองและการจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม 27
การทดลองหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการจำลอง 28
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 30
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 39
สรุปผลการวิจัย 39
อภิปรายผลการวิจัย 40
ข้อเสนอแนะการวิจัย 41
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 46
ภาคผนวก ข คำสั่งโปรมแกรม 50
ประวัติผู้วิจัย 117

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการทดลองหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลม 31
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง 33
4.3 เปรียบเทียบคาบจากการทดลองและคาบจากการคำนวณทางทฤษฎี 36

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4
2.1 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมกรวย 8
2.2 การจัดขาของ P89V51RD2 13
2.3 หน่วยความจำของ P89V51RD2 15
3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง 22
3.2 การติดตั้งชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 23
3.3 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 24
3.4 อุปกรณ์ภายในชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 25
3.5 ชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 26
3.6 การจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม 27
3.7 การติดตั้งชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 28
3.8 ขั้นตอนการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 29
4.1 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมและชุดเครื่องมือเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ 30
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบ 32
4.3 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบ 32
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง 34
4.5 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง 34
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบทางทฤษฎี 35
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสองทางทฤษฎี 35
4.8 กราฟเปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับคาบที่ได้จากทฤษฎี 37
4.9 กราฟเปรียบเทียบคาบกำลังสองที่ได้จากการทดลองกับทางทฤษฎี 37
ก-1 วงจรรวม 47
ก-2 วงจรปุ่มหน้าจอ 47
ก-3 วงจรรวมหลัก 48
ก-4 วงจร power supply 48

ภาพที่ หน้า

ก-5 วงจรรีเลย์ 49
ก-6 วงจรตรวจจับวัตถุ 49

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งหวังให้คนได้พัฒนาวิธีคิด คิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่ตรวจสอบได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ ความจริงตามธรรมชาติ (ไชยยันต์ ศิริโชติ. 2541) การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการทดลอง การทดลองเป็นแบบจำลองของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เรานำมาศึกษาในห้องเรียน ทักษะต่างๆ ที่ใช้ทำการทดลองจะช่วยเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มุ่งสอนทั้งเนื้อหาและวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้ โดยยึดการนำเสนอแบบใช้การทดลองเป็นหลัก ในการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนเข้าใจหลักวิชามากกว่าการท่องจำและการคำนวณที่ซับซ้อน การทดลองถือเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เข้าใจหลักวิชา รวมทั้งวิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นยังเป็นประสบการณ์ที่มีประโยชน์ยิ่งที่จะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อสำคัญหากเราไม่ต้องซื้อเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ เพราะเราสามารถสร้างเครื่องมือขึ้นได้โดยใช้วัสดุที่มีในประเทศราคาที่ถูกกว่า ดังนั้น วิธีการที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้แนวทางหนึ่ง อันเนื่องมาจากนักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจ หลักการพื้นฐานตลอดจนความคิดรวบยอด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก็คือการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมา เพื่อช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอ ในการเรียนการสอน และยังช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทเรียน (Sharma, 1982) การที่ครูได้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้นจะได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อมา เพราะครูเป็นผู้ออกแบบสร้างอุปกรณ์เอง ย่อมทราบดีว่า ตนเองต้องการใช้ในเรื่องใดอย่างไร จึงสามารถออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวิธีการสอนของตนเองได้ดีที่สุด (ธงชัย ชิวาโรชา, 2526)

การวิจัยพัฒนาการออกแบบ และสร้างชุดทดลองทางฟิสิกส์ มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการเรียน เรื่องอัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา (ประนอม หมอกกระโทก, 2545)

การสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรง สู่ศูนย์กลาง อาศัยหลักการของหม้อแปลง โดยพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิรอบแกนฉนวนรูปทรงกระบอกกลวง การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิ ความต่างศักย์ที่ได้จะสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลม (ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธุ์. 2553) มีการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมและแรงสู่ศูนย์กลาง สร้างชุดการสอนที่มีส่วนประกอบด้วย ตาชั่งสปริง ชุดรางอุปกรณ์ ชุดมวลเคลื่อนที่ สเกลวัดระยะ มอเตอร์เกียร์ ชุดปรับความเร็วรอบ ขาตั้งยึดอุปกรณ์ เชือกพร้อมตัวป้องกันการบิด ใช้หาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับความเร็วเชิงมุมเมื่อมวลคงที่ และหาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับมวลเมื่อความเร็วเชิงมุมและรัศมีคงที่ (ศิริชัย รัฐอนันต์พินิจ, ชาญ กบเผือก และอมรา พงษ์ปัญญา, 2554) และได้มีการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการกำทอนของคลื่นในท่ออากาศ โดยใช้ Function Generator เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 600 – 1600 เฮิรตซ์ ใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ในการรับเสียง เสียงที่ได้รับจะผ่านวงจรปรับปรุงสัญญาณ และใช้ออสซิลโลสโคปเป็นส่วนแสดงผลของสัญญาณรูปคลื่น (ปรียา อนุพงษ์องอาจ, 2554)

เมื่อทำการทดลองสิ่งที่ต้องปฏิบัติ คือการวัด และการเก็บข้อมูลปริมาณต่าง ๆ การปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำเป็นต้องมีการวัด การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล ในการเก็บข้อมูลการทำการทดลอง เดิมใช้การทำงานของคน บางครั้งต้องใช้เวลานาน อาจเกิดความผิดพลาด ไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ละเอียดถูกต้องตลอดเวลา การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ไม่เฉพาะแต่วิชาฟิสิกส์เท่านั้น ปริมาณทางกายภาพใดๆ ก็ตาม จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ถูกต้องและชัดเจน การประเมินผลด้วยการคำนวณบางครั้งต้องใช้คณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากซับซ้อน ทำให้ต้องใช้เวลานาน การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุเพื่อหาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม ในห้องปฏิบัติการ ผู้ทำการทดลองจะหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยทำการทดลองแกว่งวัตถุให้เคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระนาบเหนือศีรษะ จำนวน 30 รอบ จับเวลาด้วยนาฬิกา แล้วจึงนำเวลาที่วัดได้มาเฉลี่ยหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) พบว่าคาบที่ได้มีความแตกต่างกัน เนื่องจากไม่สามารถวัดคาบของการเคลื่อนที่แต่ละรอบได้โดยตรง เมื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าอื่น ๆ ทำให้มีผลต่อเนื่องในการหาค่าตัวแปรอื่นๆ

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มีความก้าวหน้าและพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน การทำงานที่จำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ รวมทั้งทางด้านการศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะสาขาฟิสิกส์ การทดลอง การวัด การวิเคราะห์ข้อมูล การนำอุปกรณ์ภายนอกมาประยุกต์ใช้งานเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยในการควบคุมการทดลอง ทำให้สามารถเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ได้ถูกต้องแม่นยำ สะดวก รวดเร็ว และสามารถนำข้อมูลมาประมวลผลและนำเสนอออกมาในรูปแบบที่ต้องการ แปลความหมายได้ง่าย และสรุปผลได้ทันที รวมทั้งสามารถควบคุมงานต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น ได้มีผู้ศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่องการพัฒนาชุดเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ (กลศาสตร์) เชื่อมต่อกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยหลักการของแสง หลักการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจจับเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุและเครื่องมือที่ใช้สำหรับนำข้อมูลไปประมวลผล วิเคราะห์ผล และแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ (นันทชัย ทองแป้น และบุรินทร์ คณะเจริญ, 2542) การใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้วัดคาบ และความเร็วของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลองวัดคาบ และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม และประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล และโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ (อนุวัฒน์ บุญธรรมโม, 2545) การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยสร้างชุดทดลองแรงสู่ศูนย์กลาง ประกอบด้วยรถทดลอง เครื่องชั่งสปริงติดมอเตอร์ ต่อกับชุดอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยเครื่องนับสัญญาณและตัวเซ็นเซอร์ เพื่อจับเวลา 1 รอบ แล้วนำไปคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุม (ธัญญะ โพธิ์รัง, 2550) และได้มีการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (รัตน์ติกาญ สุทธิเกิด, 2550)

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าการนำชุดทดลองมาเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการเขียนแบบจำลองการทดลอง ทำให้สามารถแสดงผลการทดลองได้แม่นยำ ถูกต้อง รวดเร็ว บันทึกข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ได้ การนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง และอธิบายการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนให้เป็นเรื่องง่ายขึ้น มีการประมวลผลได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว ทำให้น่าสนใจ และทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนมากขึ้น รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อวัดคาบการเคลื่อนที่ และจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม Scilab นำเสนอผ่านคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
2. เขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab
3. เปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การหาคาบโดยใช้ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง หากคาบที่ได้จากชุดทดลองมีค่าที่ถูกต้อง แม่นยำ ปริมาณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องก็สามารถคำนวณได้ถูกต้องแม่นยำด้วย

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

คาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม ที่ได้จากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นกับค่าที่ได้จากการจำลองเชิงตัวเลขทางทฤษฎีด้วยโปรแกรม Scilab มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ชุดทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์
2. จำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมหมุนเหวี่ยงด้วยมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์
2. ใช้ Infrared Emitting Diode และ Photo Transistor เป็นตัวตรวจจับวัตถุ
3. ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทดลอง
4. ใช้โปรแกรม Scilab ในการจำลองเชิงตัวเลขทางทฤษฎี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนา ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

2. การจำลอง หมายถึง การจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชิงตัวเลขทางทฤษฎี

3. อินเตอร์เฟส หมายถึง การเชื่อมต่อชุดทดลองกับคอมพิวเตอร์ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมผ่านพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเตอร์

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ชุดเครื่องมือศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือกับการหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง
3. ประยุกต์ใช้เครื่องมือกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. ชุดทดลอง
3. ชุดตรวจจับวัตถุ
4. การอินเตอร์เฟส
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์
6. โปรแกรม Scilab
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วสม่ำเสมอ แต่มีการเปลี่ยนทิศทางไปทีละน้อย ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับที่มีรัศมีค่าหนึ่ง จะต้องใช้แรงดึงมากขึ้นเมื่อแกว่งให้เร็วขึ้น (เวลาครบรอบสั้นลง) แสดงว่าการทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะต้องใช้แรงดึง แรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม และมีทิศเข้าหาศูนย์กลางของแนววงกลม เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุจะมีลักษณะเฉพาะ เป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่งที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม วัตถุจะเคลื่อนที่กลับมาซ้ำทางเดิมเสมอ ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบเรียกว่าคาบ (period) ใช้สัญลักษณ์ T ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที และจำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่าความถี่ (frequency) ใช้สัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็นรอบ/วินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ความสัมพันธ์ระหว่างคาบและความถี่

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (s)

ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

อัตราเร็วเชิงเส้น (v) คือ ระยะทางตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน หนึ่งหน่วยเวลา (m/s)

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = 2\pi rf$$

อัตราเร็วเชิงมุม (ω) คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่รัศมีกวาดไปได้ในหนึ่งหน่วย เวลา มีหน่วย เรเดียน/วินาที (rad/s)

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (a_c) คือ ความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีขนาดคงที่ และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ เมื่อ r คือ รัศมีการเคลื่อนที่ในแนววงกลม (m)

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

$$a_C = \omega^2 r$$

แรงสู่ศูนย์กลาง (F_C) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีทิศ เดียวกับทิศของความเร่ง เมื่อ m คือมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg)

$$F_C = m a_C$$

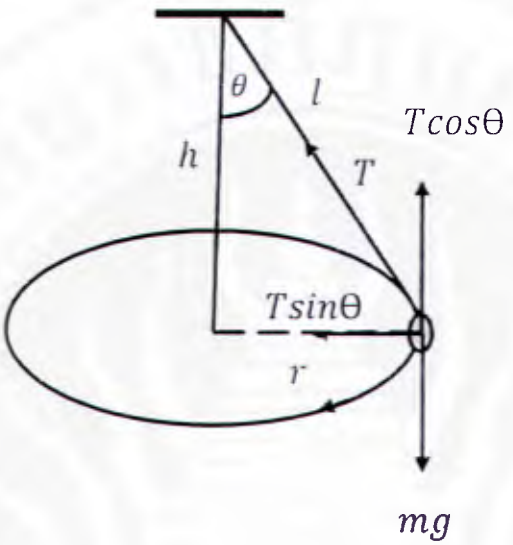
ดังนั้น

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_c = m\omega^2 r$$

หรือ

การเคลื่อนที่เป็นวงกลมกรวย



ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมกรวย

เชือกเบายาว l ปลายข้างหนึ่งติดวัตถุมวล m อีกปลายหนึ่งตรึงแน่นแกว่งให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวราบ รัศมี r ขณะที่มวลเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวราบ ด้วยอัตราเร็วคงที่ v ได้รับแรงกระทำ 2 แรงคือ แรงตึงเชือก (T) และน้ำหนักของวัตถุ (mg) แตกแรง T เข้าสู่แนวราบและแนวดิ่ง แรง T ในแนวราบมีทิศสู่ศูนย์กลาง (ช่วง ทมชิตต์ และคณะ, 2551)

$$T\sin\theta = F_c$$

ดังนั้น
$$T\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \qquad (2.1)$$

แรง T ในแนวดิ่งเท่ากับ Tcosθ มีทิศขึ้น วัตถุไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่ง

$$\Sigma_i F = 0$$

$$T\cos\theta - mg = 0$$

ดังนั้น
$$T\cos\theta = mg \qquad (2.2)$$

นำสมการ (2.1) หารด้วยสมการ (2.2) จะได้

(2.1)
(2.2)

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg}$$

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

ค่าของมุม θ ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วเชิงเส้น v ไม่ขึ้นอยู่กับมวล เมื่ออัตราเร็วเพิ่มขึ้น ค่าของมุม θ ก็จะเพิ่มขึ้นแต่มุม θ จะไม่มีโอกาสเท่ากับ 90 องศา เพราะมีแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ (mg) จากภาพ ที่ 2.1 จะได้

$$r = l\sin\theta$$

จาก

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = \frac{2\pi l\sin\theta}{T}$$

จากสมการ

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{(\frac{2\pi l\sin\theta}{T})^2}{gl\sin\theta}$$

$$\cos\theta = \frac{gT^2}{4\pi^2 l}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l\cos\theta}{g}$$

คาบการเคลื่อนที่

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l\cos\theta}{g}}$$

หรือ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}} \qquad (2.3)$$

ชุดทดลอง

ชุดทดลอง เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว เพื่อใช้ทดลองหาความสัมพันธ์และสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจหลักการทางทฤษฎีมากขึ้น การออกแบบและการสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอน จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบ ทุกๆ ด้านที่เกี่ยวข้อง ที่สำคัญได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการเรียนว่าเนื้อหาหลักต้องการอะไร ผู้เรียนต้องมีกิจกรรมอย่างไร จึงจะแสดงว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ ถ้าต้องการแสดงออกด้วยผลการทดลองค้นคว้า หรือหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ซึ่งต้องใช้ชุดทดลองประกอบ ก็จะต้องสร้างชุดทดลอง โดยการออกแบบขึ้นเองหรือดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้าง และพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนววงกลมในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือชั้นอื่นๆ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับชุดทดลอง ในการสร้างคำนึงถึงหลักเกณฑ์การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือ 5 ขั้นตอน (โช สาลีฉัน, 2541)

1. ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่สร้างขึ้น
2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับออกแบบ เลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่ายในท้องถิ่น
3. ดำเนินการออกแบบและสร้าง
4. ทดลองตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว
5. ปรับปรุงแก้ไข หากทดลองแล้วผลออกมาคลาดเคลื่อนมาก

ชุดตรวจจับวัตถุ

ชุดตรวจจับวัตถุ เป็นเครื่องจับเวลาของวัตถุมีหลักการใช้อินฟราเรดไดโอด TSAL 7400 เป็นตัวส่งสัญญาณช่วง 940 นาโนเมตร ที่สามารถส่งแสงอินฟาเรดอยู่ตลอดเวลาและใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ TOPS 050 TB2 เป็นตัวรับสัญญาณอินฟราเรดย่านความถี่ช่วง 750 – 1050 นาโนเมตร และ ส่งสัญญาณการรับแสงไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มายังตำแหน่งระหว่างตัวส่งกับตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ทำให้สัญญาณขาดหายไปจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและส่งสัญญาณพัลส์ที่มีคาบตรงกับคาบของวัตถุทำให้วงจรเป็นวงจรเปิด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเลยไป ส่วนส่งสัญญาณอินฟราเรดจะส่งสัญญาณ และส่วนที่รับสัญญาณได้รับแสงอินฟราเรด ทรานซิสเตอร์จะเสมือนถูกลงกราวด์ วงจรก็จะเป็นวงจรปิดอีกครั้ง ในขณะที่วัตถุ

เคลื่อนที่ผ่านตัวรับและตัวส่ง จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเริ่มนับเวลานาฬิกา และหยุดนับ เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบจุดเริ่มต้นและจุดที่ต้องการจับเวลา จึงต้องมีตัวส่งและตัวรับสองชุด โดยชุดแรกจะใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อเริ่มจับเวลา และอีกชุดเพื่อใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลา เมื่อวัตถุ มาบังคับลำแสงไม่ให้ตกกระทบถึงตัวรับ ตัวรับจะส่งสัญญาณไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีวัตถุผ่านเข้ามา ก็จะแสดงเวลาที่เริ่มต้น (start time) ในขณะนั้น จนวัตถุนั้นจะไปบังลำแสงที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ ก็จะแสดงเวลาที่ตำแหน่งหยุดเวลา (stop time) ทำให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการนับเวลาและแสดงเวลาตำแหน่งหยุดเวลา พร้อมกับแสดงเวลาที่ตำแหน่งต่าง (duration) นั่นคือเวลาของวัตถุจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่ต้องการจับเวลา ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะคำนวณเวลาที่ได้เป็นมิลลิวินาที

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่สามารถสร้างระบบควบคุม และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมฟังก์ชันการทำงาน ที่มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำและพอร์ตในการเชื่อมต่อแบบต่างๆ (พิพัฒน์ เลาหสงคราม, 2537)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีส่วนประกอบ 5 ส่วน

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: central processing unit)

2. หน่วยความจำ (memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูลเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (output port)

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (data bus) บัสแอดเดรส (address bus) และบัสควบคุม (control bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 ของบริษัท Philips มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 64 กิโลไบต์ มีขาพอร์ตสำหรับใช้งาน 4 พอร์ต (P0-P3) พร้อมทั้งไทเมอร์ 3 ตัว มีโมดูล PCA สำหรับสร้างสัญญาณ PWM มากถึง 5 ช่อง รวมทั้งมีหน่วยความจำแรมพิเศษ 1 กิโลไบต์ และสามารถโปรแกรมหน่วยความจำผ่านพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์, 2551) มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2. ในการโปรแกรมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหนึ่งหมื่นครั้งมีขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

3. หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์

4. โปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมแบบ ISP

5. ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 40 MHz กรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อแมชชีนไซเกิลและ 20 MHz กรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อแมชชีนไซเกิล

6. ขาพอร์ต 8 บิต 4 พอร์ต แบบกึ่งสองทิศทางเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต

7. อุปกรณ์เพอริเฟอรัลภายในไมโครคอนโทรเลอร์สามารถทำงานด้วยความเร็ว 12 ลูกสัญญาณนาฬิกาต่อแมชชีนไซเกิลได้ แม้ว่าซีพียูจะทำงานด้วยความเร็ว 6 ลูกสัญญาณนาฬิกาภายในต่อแมชชีนไซเกิล

8. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์

9. ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว

10. มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DPTR 2 ตัว

11. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 8 ประเภท

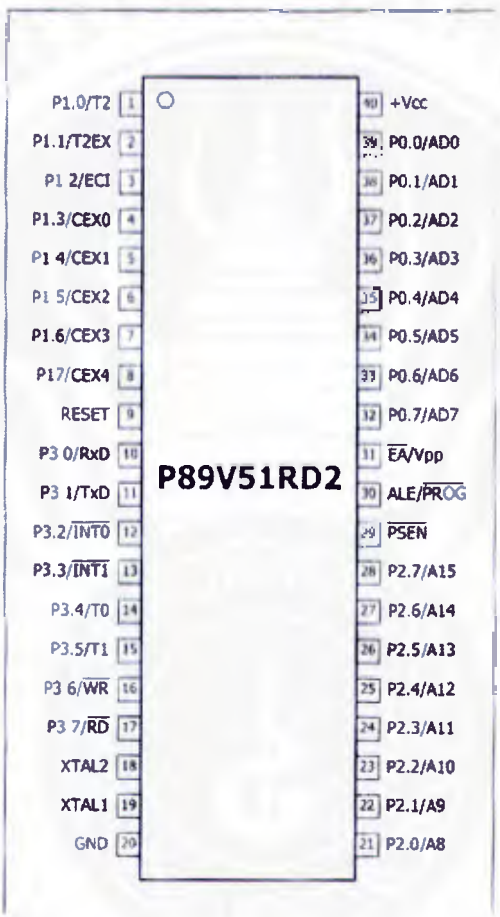
12. กำหนดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ

13. สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

14. มีวอตช์ด็อกไทเมอร์

15. มีวงจร โมดูลนับโปรแกรมได้ (PCA) ซึ่งบรรจุวงจรตรวจจับสัญญาณ เปรียบเทียบสัญญาณ วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างพัลส์ และวอตช์ด็อกไทเมอร์

MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ รายละเอียดของตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงาน ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การจัดขาของ P89V51RD2

ที่มา: อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์ (2551:13)

Vcc ขาที่ 40 เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

GND ขาที่ 20 เป็นขากราวด์

ขาสัญญาณ พอร์ต 0 ขาที่ 39-32 (P0.0-P0.7) มีจำนวน 8 ขา แต่ละขา เรียกเป็น 1 บิต ทำหน้าที่แอดเดรสบัสและดาต้าบัส (AD0-AD7) ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต หากต้องการให้บิตใดเป็นอินพุต ให้เขียนข้อมูลบิตนั้นเป็นสถานะลอจิก “1” แล้วส่งไปแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการ

ขาสัญญาณ พอร์ต 1 ขาที่ 2-8 (P1.0-P1.7) มีจำนวน 8 บิต เป็นขาสัญญาณของไทเมอร์ 2 และขาสัญญาณ PCA ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ขา P1.5-P1.7 สามารถขับกระแสได้สูง 16 มิลลิแอมป์ ต่อขา

P1.0 หรือ T2 เป็นขาอินพุต นับค่าของไทเมอร์ 2 และขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกา

P1.1 หรือ T2EX เป็นขาอินพุต ควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาท์เตอร์ 2

P1.2 หรือ ECI เป็นขาอินพุต สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล PCA

P1.3 หรือ CEX0 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 0

P1.4 หรือ CEX1 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 1

P1.5 หรือ CEX2 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCAโมดูล 2

P1.6 หรือ CEX3 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 3

P1.7 หรือ CEX4 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 4

ขาสัญญาณ พอร์ต 2 ขาที่ 21-18 (P2.0-P2.7) มีจำนวน 8 บิต ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ใช้ต่อกับขาแอดเดรสบัสของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15) ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตหรือพอร์ตเอาต์พุต

ขาสัญญาณ พอร์ต 3 ขาที่ 10-17 (P3.0-P3.7) มีจำนวน 8 บิต ในแต่ละบิตมีตัวต้านทานพูลอัปอยู่ภายใน เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต สำหรับการใช้งานทั่วไป นอกจากนั้นขาของพอร์ต 3 ยังใช้งานเป็นพอร์ตหน้าที่พิเศษ ดังนี้

P3.0 หรือ RxD เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.1 หรือTxD เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.2 หรือ INT0 เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0

P3.2 หรือ INT0 เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1

P3.4 หรือ T0 เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0

P3.5 หรือT1 เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1

P3.6 หรือWR เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 หรือ RD เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

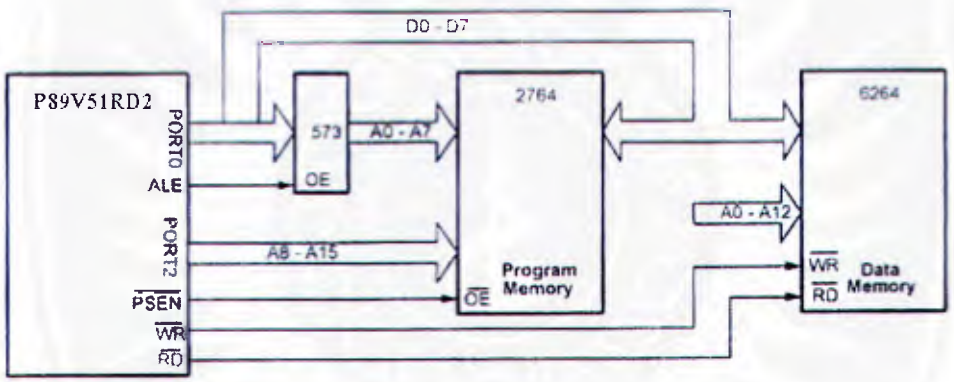
RESET ขาที่ 9 เป็นอินพุตใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการป้อนสัญญาณลอจิก."1"อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชชีนไซเกิลโดยวงจรนาฬิกายังทำงานอย่างปกติ

ALE ขาที่ 30 เป็นเอาต์พุต Address Latch Enabic ออกมาทุกๆแมชชีนไซเกิล อย่างไรก็ตาม สามารถดิสเอเบิลสัญญาณพัลส์นี้ได้ โดยการเซตบิต 0 ของรีจิสเตอร์ AUXR

PSEN ขาที่ 29 เป็นเอาต์พุต Program Store Enabie ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง

EA/Vpp ขาที่ 31 เป็นอินพุต External Access enabie/Programming Voltagc Input: ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ "0" เลือกให้ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก"1"เลือกให้ติดต่อกับหน่วยความจำภายใน

XTAL1 ขาที่ 19 เป็นขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ (ขา XTAL2)



ภาพที่ 2.3 หน่วยความจำของ P89V51RD2
ที่มา: อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์ (2551:16)

ภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 จะแบ่งการทำงานออกเป็นบล็อก การทำงานประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรม (program memory) หน่วยความจำข้อมูล (data memory) หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) ทำหน้าที่เก็บคำสั่งของผู้เขียนโปรแกรม ส่วนใหญ่จะใช้ EPROM เป็นตัวเก็บ โดยมีสัญญาณ PSEN เป็นขาสัญญาณเพื่อติดต่อกับ EPROM สามารถอ้างหน่วยความจำได้ 64 กิโลไบต์ ชื่อของ EPROM นั้นส่วนใหญ่จะขึ้นด้วย 27 แล้วตามด้วยขนาดของหน่วยความจำ เช่น 2764 หมายเลข 64 คือขนาดหน่วยความจำ 64/8 = 8 กิโลไบต์ จะได้ขนาดของ EPROM

ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (data Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ คือ RAM ที่ต่ออยู่ภายนอกสามารถเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ขา RD (ขา 17) WR (ขา 16) ในการเขียนและอ่าน data จาก RAM MCS-51 และสามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

การอินเตอร์เฟส

การอินเตอร์เฟส คือ การทำงานติดต่อร่วมกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่น มีการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ นอกเหนือจากจะต้องทำงานติดต่อกับ RAM และ ROM แล้ว ยังต้องมีการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีการส่งข้อมูลอินพุต เอาต์พุต เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบสมบูรณ์ ในระบบต่างๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะทำงานต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (พานิช อินต๊ะ และโกศล โอฬารไพโรจน์, 2550)

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องผ่านแผงอุปกรณ์เชื่อมต่อจึงจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ แผงอุปกรณ์เชื่อมต่อทำงาน 2 หน้าที่ คือ

1. เป็นตัวจ่ายกระแสให้สูงขึ้น เพื่อขับอุปกรณ์เอาต์พุตที่ต้องการกระแสมากๆ

2. เป็นตัวกันชน (buffer) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ในกรณีที่มีสัญญาณอินพุตไม่เหมาะสมเข้ามา

อุปกรณ์ในการเชื่อมต่อภายนอก มี 2 ประเภท คือ

1. อุปกรณ์อินพุต ทำหน้าที่ รับสัญญาณอินพุตที่เหมาะสมกับการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เมื่อสัญญาณอินพุตถูกส่งมาประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณจะถูกปรับแต่งให้เหมาะสมตรงตามเงื่อนไขที่ต้องการ ก่อนจะส่งกลับออกไปควบคุมยังอุปกรณ์ภายนอก

2. อุปกรณ์เอาต์พุต เป็นอุปกรณ์ที่คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณมาควบคุมการทำงาน โปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อ (soft ware interface) คอมพิวเตอร์กับแผงอุปกรณ์เชื่อมต่อ มีหลายโปรแกรม เช่น ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี Visual basic เป็นต้น จะมีการประมวลผล รับ-ส่ง เป็นฐานสอง (เลข 1 หรือเลข 0) ฐานสองหนึ่งตัวเรียกว่า 1 บิต การส่งอาจส่งเป็นประโยคคำที่ใช้ฐานสอง 8 บิต หรือ 16 บิต ผ่านช่องทางพอร์ตขนาน พอร์ตอนุกรม USB พอร์ต และสล๊อตการ์ด

โปรแกรม Scilab

โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมภาษาขั้นสูง Scilab เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยกลุ่มของนักวิจัยจากประเทศฝรั่งเศส ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลข และแสดงผลกราฟิกที่ซับซ้อน

โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ต้องเสียเงินค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ สามารถนำไปใช้งานได้ในหลาย ระบบปฏิบัติการ (ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, 2551)

ข้อดีของโปรแกรม Scilab

1. ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ
2. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก
3. สามารถประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในรูปเชิงสัญลักษณ์ (symbolic) และข้อมูลที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ (matrix) ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
4. มีฟังก์ชัน (function) สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากพร้อมใช้งาน
5. มีกล่องเครื่องมือ (toolbox) ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาทางด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และอื่นๆ
6. สามารถพัฒนาฟังก์ชันใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานร่วมกับโปรแกรม Scilab ได้
7. สามารถใช้งานร่วมกันกับโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน ภาษาซี และภาษา MATLAB
8. สามารถสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปได้
9. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้

ประโยชน์ของโปรแกรม Scilab คือประหยัดเวลาในการคำนวณที่ซับซ้อน ช่วยในการเขียนกราฟที่ซับซ้อน ถูกต้องและแม่นยำกว่าการคำนวณโดยมนุษย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นันทชัย ทองแป้น และบุรินทร์ คณะเจริญ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ (กลศาสตร์) เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์โดยอาศัยหลักการของแสง อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผล วิเคราะห์ผล และแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ตามลำดับ จากการทดสอบชุดเครื่องมือดังกล่าวพบว่า สามารถวัดเวลาได้ละเอียด 1/1000 วินาที ตามค่าความถี่ของผลึกที่ใช้ในการออกแบบฐานเวลาของโปรแกรมวัดเวลา และทดสอบใช้ชุดเครื่องมือในการทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุ เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก พบว่าการวัดเวลาจำนวน 20 ครั้ง มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.03% และหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (ห้อง 4-222) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ได้เท่ากับ 9.826 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง โดยมีเปอร์เซ็นต์

ความคลาดเคลื่อน 0.265% นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ชุดเครื่องมือดังกล่าวกับการเรียนการสอน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ทุกชนิดของการเคลื่อนที่

ประนอม หมอกกระโทก (2545) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ให้มีประสิทธิภาพด้านการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น ใช้ประกอบการเรียนเรื่อง อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ซึ่งประสิทธิภาพของชุดทดลองตรวจสอบจากผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80/80 ทดลองสอนใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาในการสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที พบว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 81.73/80.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อนุวัฒน์ บุญธรรมโม (2545) วิจัยเรื่องการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม โดยการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการวัดคาบและความเร็วของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าเชิงทฤษฎี และได้ว่าคาบของการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ และได้ว่าคาบของการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ เมื่อมุมเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 20 องศา และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานจลน์มีการลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับทางทฤษฎี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นได้นำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ โดยผลการทดลองที่ได้ต่างจากค่าเชิงทฤษฎีไม่เกิน 3%

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข (2547) ทำการสร้างชุดทดลองประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พร้อมกับใบงาน 12 ใบงาน ในการวิจัยได้เลือกใบงาน 4 ใบงาน โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จำนวน 20 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โดยนักศึกษาทำการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนเป็นจำนวน 4 ใบงาน และนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนไปใช้ในการปฏิบัติใบงานรวม ในระหว่างปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสามารถทางการปฏิบัติ โดยสังเกตด้วยแบบวัดความสามารถ

ทางการปฏิบัติและเมื่อปฏิบัติใบงานเสร็จจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พบว่า ชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ปราโมทย์ เสตสุวรรณ และปิยะรัตน์ พราหมณี (2549) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองทางฟิสิกส์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการอ่านค่าและประมวลผล ซึ่งสรุปผลการวิจัยดังนี้ ชุดทดลองฟิสิกส์หลายๆ การทดลอง มักจะประสบปัญหาในการวัดค่าที่ผู้ทดลองเป็นผู้ดำเนินการด้วยตนเอง เช่น การวัดค่าช่วงเวลา ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก และมีผลต่อเนื่องในการนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าตัวแปรอื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ออกแบบระบบควบคุม การจับเวลาอัตโนมัติโดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 สื่อสารด้วยพอร์ตอนุกรม และพัฒนาชุดโปรแกรมให้ทำการเก็บข้อมูลและคำนวณผลข้อมูลโดยให้ทำงานได้อัตโนมัติ ด้วยโปรแกรม visual basic 6.0 นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้กับการทดลองอื่นๆ ได้ โดยยังใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ร่วมกัน เพียงแต่เปลี่ยนชุดอุปกรณ์ตรวจจับและโปรแกรมควบคุมและประมวลผลสำหรับการทดลองนั้นๆ และงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกับชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบ pendulum เพื่อวัดคาบเวลา และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณและแสดงผลเป็นกราฟ และบันทึกข้อมูลการทดลองเก็บลงบนฐานข้อมูล (database) ซึ่งสามารถเรียกขึ้นมาดูและนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ภายหลัง

ฐิติมา เทพญา (2550) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบแบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไซน์แลป บนสถาปัตยกรรมระดับสูง นำเสนอการขยายขีดความสามารถของโปรแกรม Scilab ให้สามารถสร้างแบบจำลองที่ทำงานแบบกระจายได้ตามมาตรฐานการจำลองแบบกระจาย HLA ใน 4 บริการหลัก Federation Management, Declaration Management, Object Management และ Time Management พัฒนาเป็นโมดูลรวมเข้ากับโปรแกรม Scilab ทดสอบโมดูลด้วยการใช้ฟังก์ชันของโปรแกรม Scilab ควบคู่กับฟังก์ชันที่สร้างขึ้นทำให้แบบจำลองสามารถจำลองแบบกระจายได้อย่างถูกต้อง

ธัญญะ โพธิ์รัง (2550) การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยสร้างชุดทดลองแรงสู่ศูนย์กลาง ประกอบด้วย รถทดลอง เครื่องชั่งสปริง ติดมอเตอร์ ต่อกับชุดอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย เครื่องนับสัญญาณและตัวเซ็นเซอร์ เพื่อจับเวลา 1 รอบ นำไปคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุม นำไปใช้กับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 80 นาย ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนนายร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลอง พบว่า

ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.76/87.50 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลอง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดเห็นของนักเรียนมีร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองอยู่ในระดับมาก

รัตน์ติกาญ สุทธิเกิด (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนกำแพงแสนวิทยา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 36 คน ที่ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งเรียนวิชาฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธ์ (2553) วิจัยเรื่องการสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง เพื่อศึกษาและพิจารณาแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วตามแนวสัมผัสคงตัวโดยที่รัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมสามารถวัดได้ด้วยตัวรับรู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นมา ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการของหม้อแปลงโดยพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวด ทุติยภูมิรอบแกนฉนวนรูปทรงกระบอกกลวง การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ ความต่างศักย์ที่ได้นี้จะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของวัตถุ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อวัตถุมีมวลเท่ากัน ความเร็วเชิงมุมจะเป็นปฏิภาคกับรัศมีและแรงสู่ศูนย์กลาง ชุดทดลองนี้ทำให้นักเรียน นักศึกษาและผู้ที่สนใจ เข้าใจแนวคิดเรื่องแรงสู่ศูนย์กลาง การเคลื่อนที่แบบวงกลม และสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดีกว่าชุดทดลองที่มีราคาสูง

ศิริชัย รัฐอนันต์พินิจ. ชาญ กบเผือก และอมรา พงษ์ปัญญา (2554) วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมและแรงสู่ศูนย์กลาง ได้สร้างชุดการสอนที่มีส่วนประกอบด้วย ตาชั่งสปริง ชุดรางอุปกรณ์ ชุดมวลเคลื่อนที่ สเกลวัดระยะ มอเตอร์เกียร์ ชุดปรับความเร็วรอบ ขาตั้งยึดอุปกรณ์ เชือกพร้อมตัวป้องกันการบิด ใช้หาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับความเร็วเชิงมุมเมื่อมวลคงที่ และหาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับมวลเมื่อความเร็วเชิงมุมและรัศมีคงที่ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ นำไปใช้กับกลุ่มนักศึกษา จำนวน 20 คน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล พบว่าการวิเคราะห์แบบทดสอบและหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรครอนบัค (cronback) ได้ 0.85 ดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผู้สอน และนักศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดีในด้านการออกแบบด้านการทดลอง และด้านประสิทธิภาพการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ 81/84

งานวิจัยต่างประเทศ

Doran & other (1993) ศึกษาวิธีการประเมินทักษะการปฏิบัติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าเทคนิคการประเมินแบบดั้งเดิม คือการทดสอบด้วยข้อเขียน และรายงานผลการทดลองยังคงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินต้องประกอบด้วยคู่มือนักเรียน อุปกรณ์สำหรับการทดลอง และการให้คะแนนที่น่าเชื่อถือ

Douglas (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เป็นของจริง สำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบการถ่ายทอดความรู้จากการอ่านเนื้อหาแบบวรรณคดี และการออกแบบอุปกรณ์ตามรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เคลื่อนไหวได้ นำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา จากการวิเคราะห์ พบว่าการใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีมาก

Orton – Flynn (1997) ศึกษาเรื่องการออกแบบชุดการเรียนโดยใช้สื่อการเรียนมัลติมีเดียนำมาใช้การสอนในเรื่องที่ยาก สำหรับนักเรียนโดยใช้ชุดการเรียนที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ของการสื่อสารมัลติมีเดียมาใช้ มีการสังเกตและพิจารณาจากผลงานของนักเรียนที่เรียนจากชุดการเรียน MIC (multimedia interactivc calculator) ผลการศึกษาพบว่า ชุดการเรียนมีประสิทธิภาพ โดยจะช่วยให้นักเรียนค้นพบรูปของจำนวน และเข้าใจความจริงของจำนวน และได้แสดงถึงประโยชน์การสอนคณิตศาสตร์สำหรับเนื้อหายาก

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวเป็นสิ่งยืนยันได้ว่า ชุดการทดลองทางฟิสิกส์เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ นำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ ช่วยแก้ปัญหาในการบันทึกผลการทดลองที่ได้ผลไม่ถูกต้องตรงตามทฤษฎี ทำให้ผู้ทดลองสามารถทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลได้รวดเร็ว ถูกต้อง นำข้อมูล ประมวลผลและนำเสนอผลการทดลอง สามารถแปลความหมายได้ทันที ช่วยประหยัดเวลาในการทำการทดลอง นักเรียนมีเวลาศึกษาความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำความคิดเห็น ข้อเสนอแนะและหลักการ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

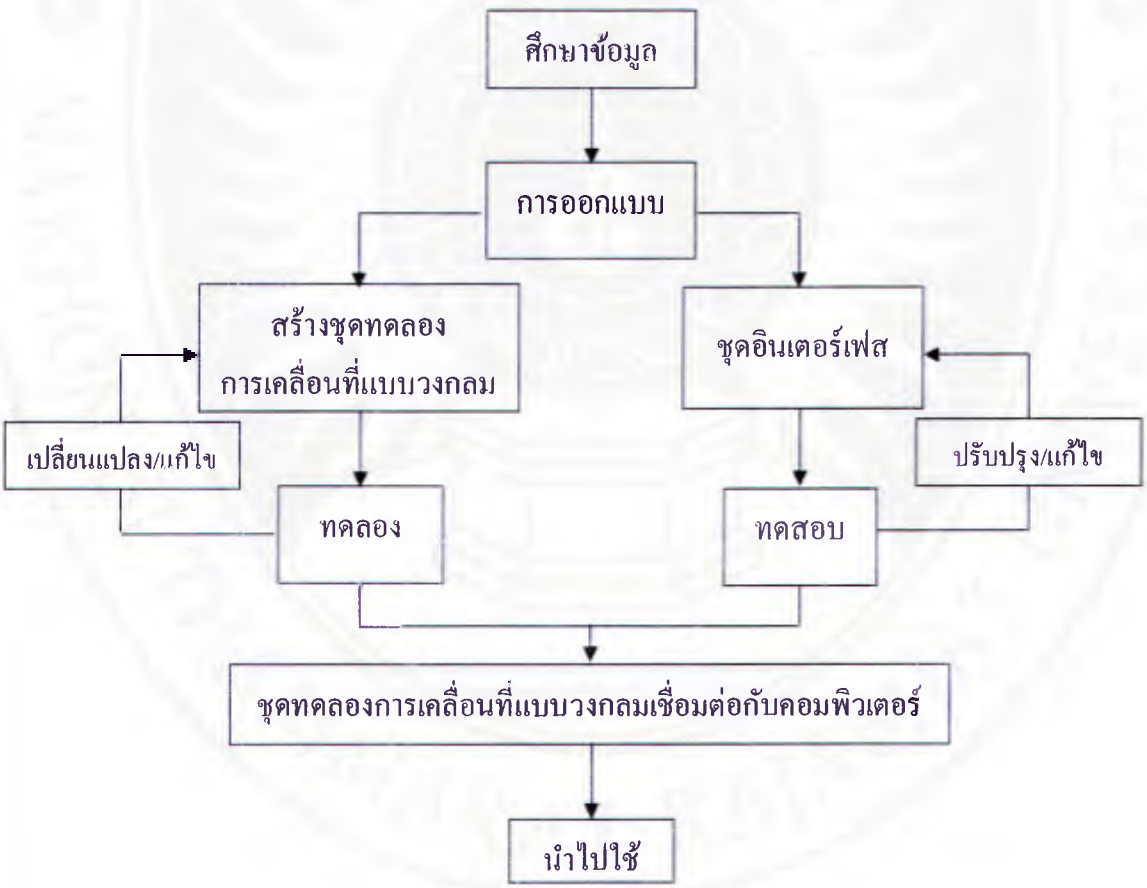
ในการศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ชุดทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

2 การออกแบบชุดอินเตอร์เฟส สำหรับวัดคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

3. การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โปรแกรมแสดงผลการทดลอง และการจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

4. การทดลองหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการจำลอง



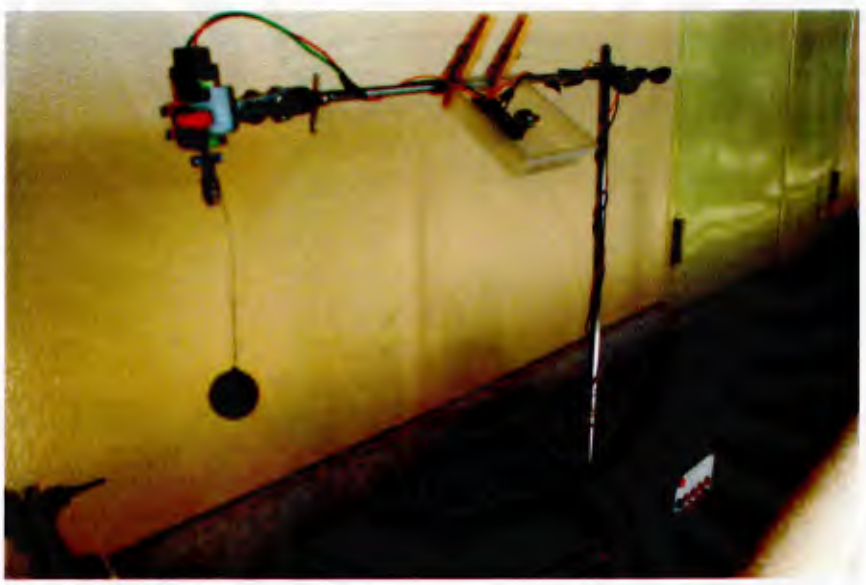
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

การออกแบบและสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมประกอบด้วย ขาตั้งเหล็กพร้อมฐาน มือจับ ตัวล็อกรางเหล็ก แผ่นเหล็กรูปตัวยู สายวัด มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ สายไฟแดงดำ วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ เชือก ลูกกลมยางมวล 16 กรัม มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. ประกอบขาตั้งฐานเหล็กพร้อมแขนและมือจับ เป็นรูปตัวแอลคว่ำ สำหรับจับมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์

2. ติดตั้งมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ผูกลูกตุ้มยางมวล 16 กรัม ด้วยเชือกความยาว *l* ที่แกนของมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ดังภาพที่ 3.2

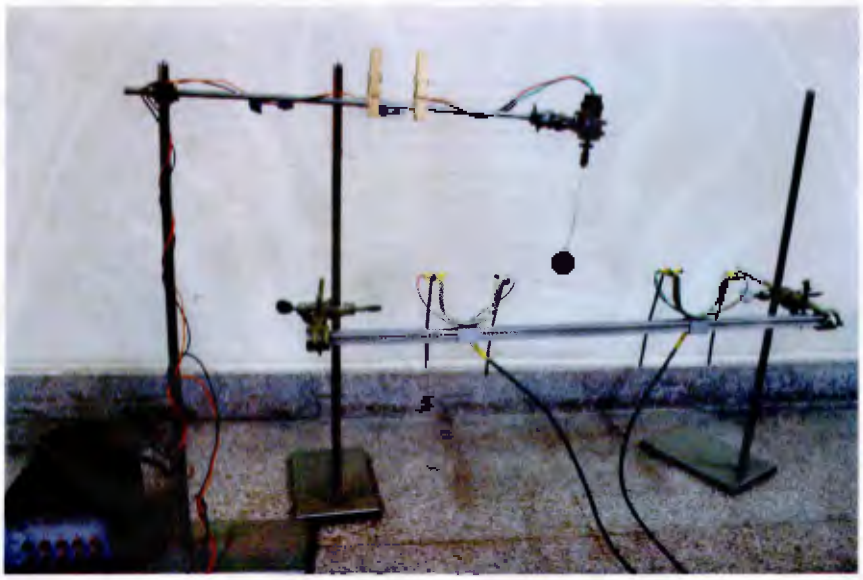


ภาพที่ 3.2 การติดตั้งชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

3. เสียบปลั๊กไฟผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ต่อสายไฟแดงดำจากหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ กับวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ต่อสายไฟแดงดำจากวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กับมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ที่มีเชือกผูกติดกับลูกกลมยางมวล 16 กรัม

4. ประกอบขาตั้งฐานเหล็กอีก 2 ชุด ใช้กาวติดสายวัดกับขาตั้ง ติดตัวล็อกที่ขาตั้งทั้งสองชุดที่ระดับเดียวกัน เพื่อใช้จับรางเหล็กซึ่งสามารถปรับเลื่อนขึ้น-ลงได้เพื่อให้อยู่ระดับเดียวกับตำแหน่งของลูกตุ้ม

5. ติดตั้งแผ่นเหล็กรูปตัวยู 2 จุด กับรางเหล็ก ที่สามารถปรับเลื่อนเข้าออกได้ เพื่อใช้ติดชุดตรวจจับวัตถุ ดังภาพที่ 3.3

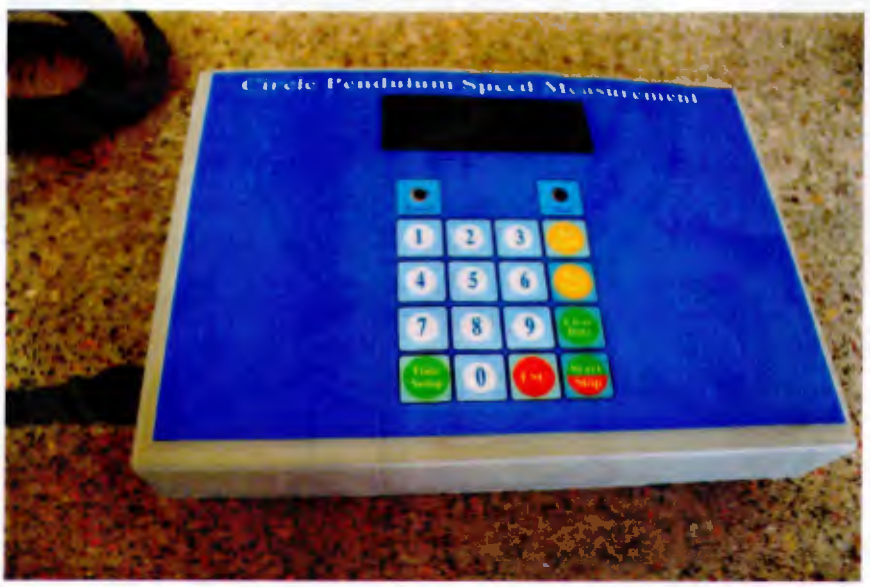


ภาพที่ 3.3 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

การออกแบบชุดอินเตอร์เฟสสำหรับวัดคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชุดอินเตอร์เฟสคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ทดลองวัดคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลม ดังภาพที่ 3.4 และ ภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์ภายในชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพที่ 3.5 ชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้าง มีส่วนประกอบดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้สร้างระบบควบคุม มีหน้ารับคำสั่งและตั้งเวลาบนคีย์บอร์ด (key board) รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ โดยมีอินฟราเรดเป็นตัวส่ง และทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับ แสดงผลตามเวลาจริง และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

2. พอร์ตอนุกรม RS232 เป็นการเชื่อมต่อข้อมูลแบบต่อเนื่อง (serial) เพื่อเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูล เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า จาก 0.5 โวลต์ เป็น +15 โวลต์

3. ระบบฐานเวลา (real time clock) ใช้ถ่านกระดุม ขนาด 2 โวลต์ เป็นตัวสำรองข้อมูล (backup) มีเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับคำสั่ง

4. ชุดตรวจจับวัตถุ ใช้อินฟราเรดไดโอด TSAL 7400 เป็นตัวส่งสัญญาณช่วง 940 นาโนเมตร และใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ TOPS 050 TB2 เป็นตัวรับสัญญาณอินฟราเรดย่านความถี่ช่วง 750–1050 นาโนเมตร เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่มายังตำแหน่งระหว่างตัวส่งกับตัวรับจะตัดสัญญาณอินฟราเรด ทำให้สัญญาณขาดหายไปจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและส่งสัญญาณพัลส์ที่มีคาบตรงกับคาบของวัตถุทำให้วงจรเป็นวงจรเปิด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเลยไป ส่วนส่งสัญญาณอินฟราเรดส่งสัญญาณและที่ส่วนรับสัญญาณได้รับแสงอินฟราเรด ทรานซิสเตอร์จะเสมือนถูกลงกราวด์ วงจรก็จะเป็นวงจรปิดอีกครั้ง

5. หน่วยความจำ (EPROM) ใช้ IC- 24LC 512 เป็นหน่วยเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแก้ไข ลบ หรือเขียนซ้ำได้หลายครั้ง

6. ชุดไฟเลี้ยง ใช้หม้อแปลง 2 ลูก แยกระบบสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ชุด และสำหรับ รีเลย์ 1 ชุด สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงจาก 220 โวลต์ เป็น 9 โวลต์ ผ่านฟิลเตอร์เป็น 12 โวลต์ ใช้แรกกูเลเตอร์ แปลงเป็น 5 โวลต์

7. พอร์ต USB ใช้เชื่อมต่อกับ RS232 เพื่อส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

8. ชุดแป้นพิมพ์ มี 16 หลัก แต่ใช้ 8 เส้น ใช้เพื่อความสะดวก ประกอบด้วย ปุ่มตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 ปุ่ม ESC ปุ่ม time set up ปุ่ม clear data ปุ่ม down ปุ่ม up และปุ่ม start/stop โดย ชุดแป้นพิมพ์ จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 และเชื่อมต่อกับ จอ LED 20 ตัวอักษร 4 แถว และมีไฟแสดงสถานะ 2 ดวง คือ on และ run

การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โปรแกรมแสดงผลการทดลอง และการจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ การจัดเก็บข้อมูลและการจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมในครั้งนี้ แบ่งโปรแกรมที่ใช้งานออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. โปรแกรมควบคุมการทดลอง

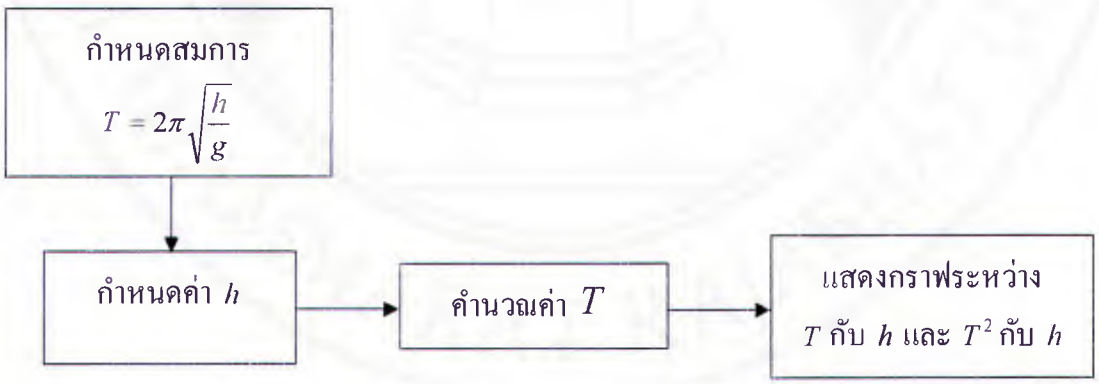
โปรแกรมควบคุมชุดทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ตรวจจับคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมและแสดงผลตามเวลาจริง โดยวงจรส่งและตรวจจับแสง มีขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ดังรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ข

2. โปรแกรมการแสดงผลการทดลอง

โปรแกรมส่วนนี้จะเก็บข้อมูลและติดต่อกับผู้ใช้ โดยเขียนโปรแกรมด้วย visual basic 6.0 เพื่อแสดงผลการทดลองตามเวลาจริง ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

3. โปรแกรมการจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

โปรแกรมส่วนนี้จะเป็นการจำลองเชิงตัวเลขทางทฤษฎีของคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยโปรแกรม Scilab โดยกำหนดค่า h ตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.20 หาคาบและคาบกำลังสองจากสมการ ที่ (2.3) $T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$ เขียนชุดคำสั่งให้แสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมยกกำลังสอง แทนค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ด้วย 9.7814 m/s^2 รายละเอียนในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.6 การจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

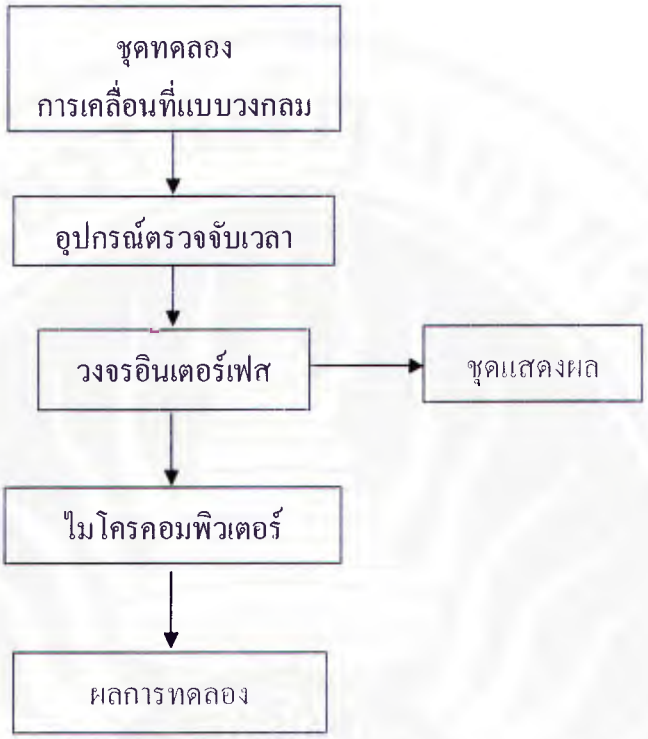
การทดลองหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการทดลองวัดคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลและจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งประกอบด้วย ชุดขาตั้งพร้อมแขนสำหรับจับมอเตอร์ ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ อุปกรณ์ส่งและตรวจจับแสง ชุดอินเตอร์เฟส และคอมพิวเตอร์ ติดตั้งอุปกรณ์ ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.7 การติดตั้งชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

2. หาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับความสูงของกรวย โดยผูกลูกตุ้มมวล 16 กรัม กับเชือกยาว 10 เซนติเมตร เปิดสวิตซ์ปรับปุ่มควบคุมมอเตอร์ให้หมุนลูกตุ้มเคลื่อนที่ผ่านวงจรส่งและตรวจจับแสง เมื่อส่วนส่งสัญญาณอินฟราเรดส่งสัญญาณและที่ส่วนรับสัญญาณได้รับแสงอินฟราเรด ทรานซิสเตอร์จะเสมือนถูกลงกราวด์ ทรานซิสเตอร์จึงไม่ทำงานแต่เมื่อสัญญาณขาดหายไปเนื่องจากลูกตุ้มตัดผ่านจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและส่งสัญญาณพัลส์ที่มีคาบตรงกับคาบของลูกตุ้มที่กำลังทดลอง บันทึกผล เปลี่ยนความยาวเชือก โดยเพิ่มความยาวเชือกครั้งละ 2 เซนติเมตร จนถึง 30 เซนติเมตร ตามลำดับแล้วทำการทดลองเหมือนเดิม



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

3. นำผลการทดลองมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับความสูงของกรวย และคาบกำลังสองกับความสูงของกรวยของการเคลื่อนที่แบบวงกลม เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองเชิงตัวเลขทางทฤษฎีด้วยโปรแกรม Scilab

4. เปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับคาบที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี โดยการใช้ร้อยละของความคลาดเคลื่อน ดังนี้

$$\text{ร้อยละของความคลาดเคลื่อน} = \frac{(\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าที่ได้จากทฤษฎี})}{\text{ค่าที่ได้จากทฤษฎี}} \times 100$$

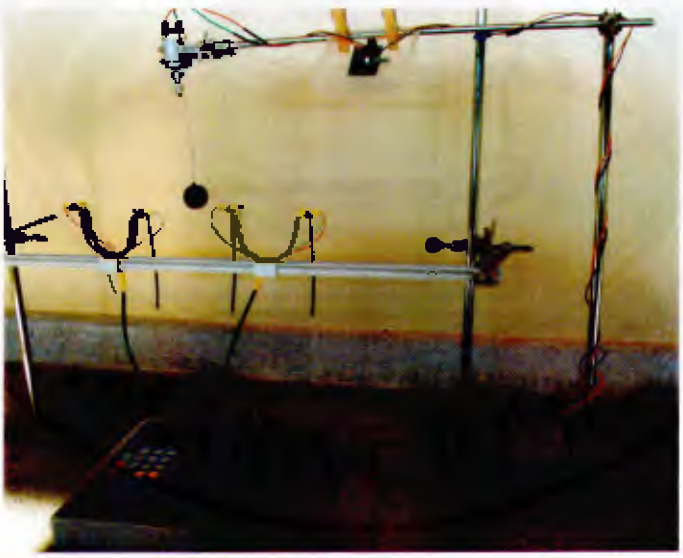
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลอง ศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ จำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab และเปรียบเทียบคาบการทดลองจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามลำดับดังนี้

1. ออกแบบและสร้างชุดทดลอง เพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
2. เขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab
3. เปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

ออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือตามลำดับขั้นตอนและวิธีการแสดงไว้ในบทที่ 3 ประกอบด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม และชุดเครื่องมือวัดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ภาพที่ 4.1



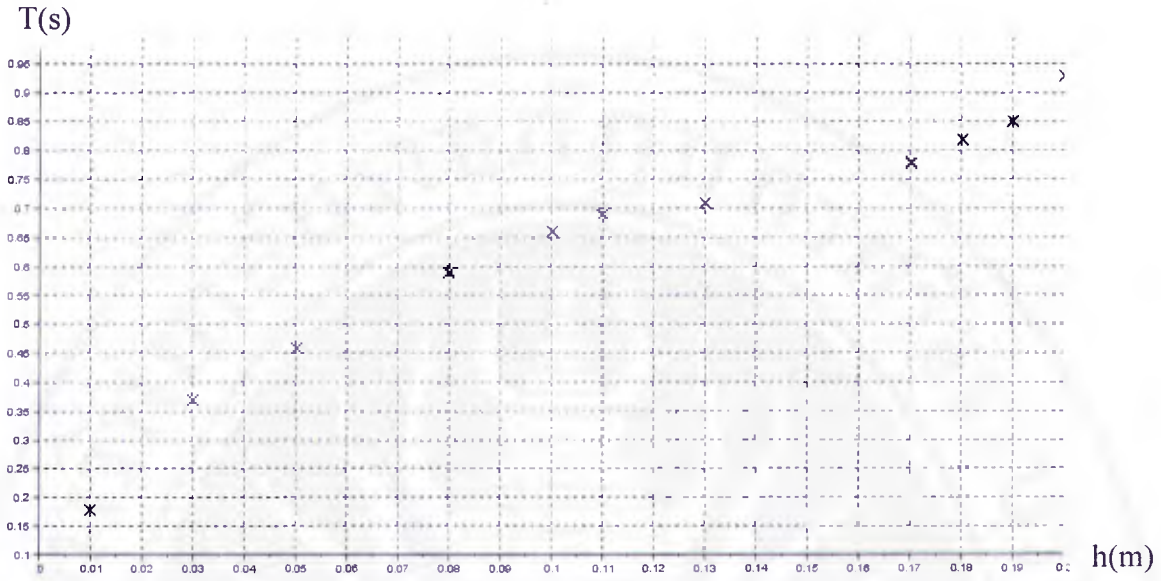
ภาพที่ 4.1 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม และชุดเครื่องมือวัดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมจากชุดทดลองวัดคาบ (T) โดยใช้เชือกความยาว (l) 10 เซนติเมตร ใช้วัตถุมวล 16 กรัม ผูกติดกับแกนของมอเตอร์ให้หมุนเหวี่ยงแบบวงกลมกรวยในระนาบระดับ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพิ่มความยาวครั้งละ 2 เซนติเมตร จนถึง 30 เซนติเมตร ทำให้ความสูงของกรวย (h) (วัดจากตำแหน่งที่ผูกเชือกมาตั้งฉากกับระนาบวงกลม) เปลี่ยนไป ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลม

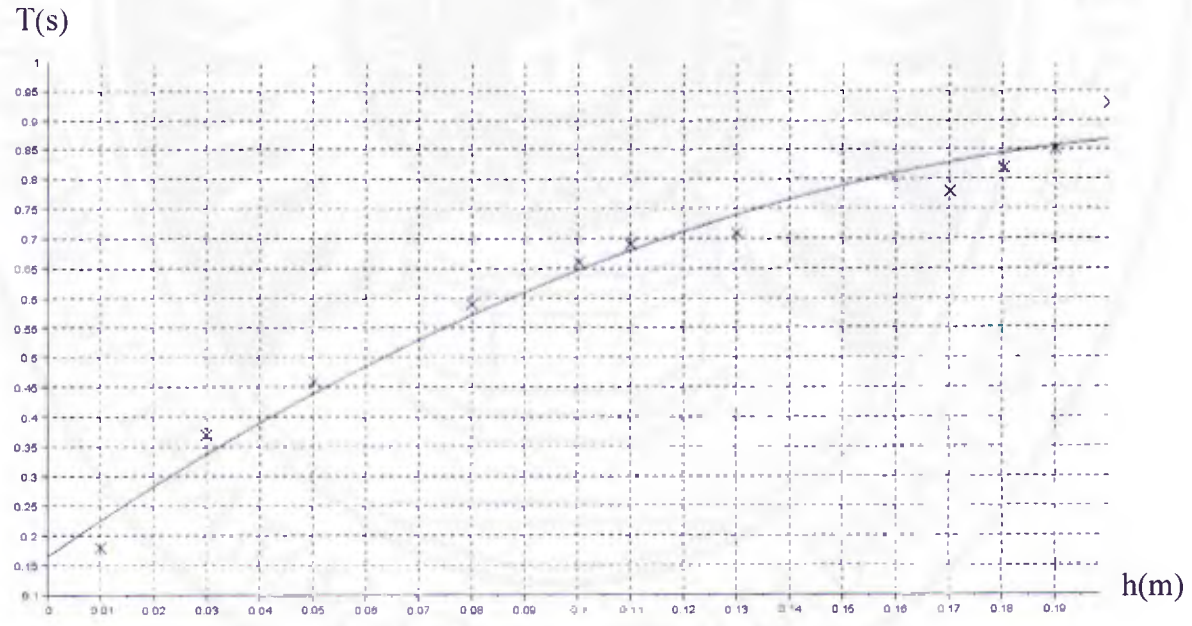
ครั้งที่	ความยาวเชือก l (m)	ความสูงของกรวย h (m)	คาบ T_1 ครั้งที่ 1	T_2 ครั้งที่ 2	T_3 ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย T(s)
1	0.10	0.01	0.18	0.19	0.17	0.18
2	0.12	0.03	0.38	0.37	0.35	0.37
3	0.14	0.05	0.47	0.46	0.44	0.46
4	0.16	0.08	0.59	0.60	0.57	0.59
5	0.18	0.10	0.66	0.67	0.66	0.66
6	0.20	0.11	0.69	0.68	0.69	0.69
7	0.22	0.13	0.71	0.70	0.73	0.71
8	0.24	0.17	0.80	0.77	0.77	0.78
9	0.26	0.18	0.81	0.82	0.82	0.82
10	0.28	0.19	0.85	0.86	0.85	0.85
11	0.30	0.20	0.94	0.93	0.92	0.93

นำข้อมูลจากตาราง 4.1 ที่ได้จากการทดลอง ไปเขียนกราฟในโปรแกรม Scilab เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย (h) กับคาบ (T) ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบ

และเมื่อใช้สมการ fit function ในโปรแกรม Scilab แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบจากการทดลอง ดังภาพที่ 4.3



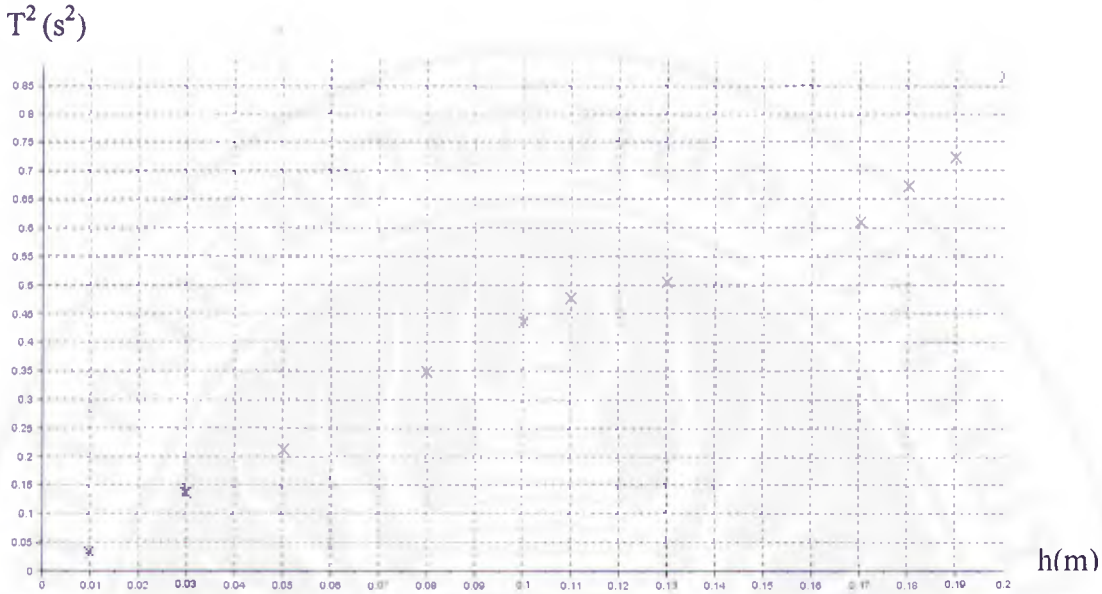
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบ

นำผลการทดลองวัดคาบที่ได้จากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่ออกแบบและสร้างขึ้นไปคำนวณหาคาบกำลังสอง แสดงดัง ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (h) ของกรวยกับคาบกำลังสอง (T^2)

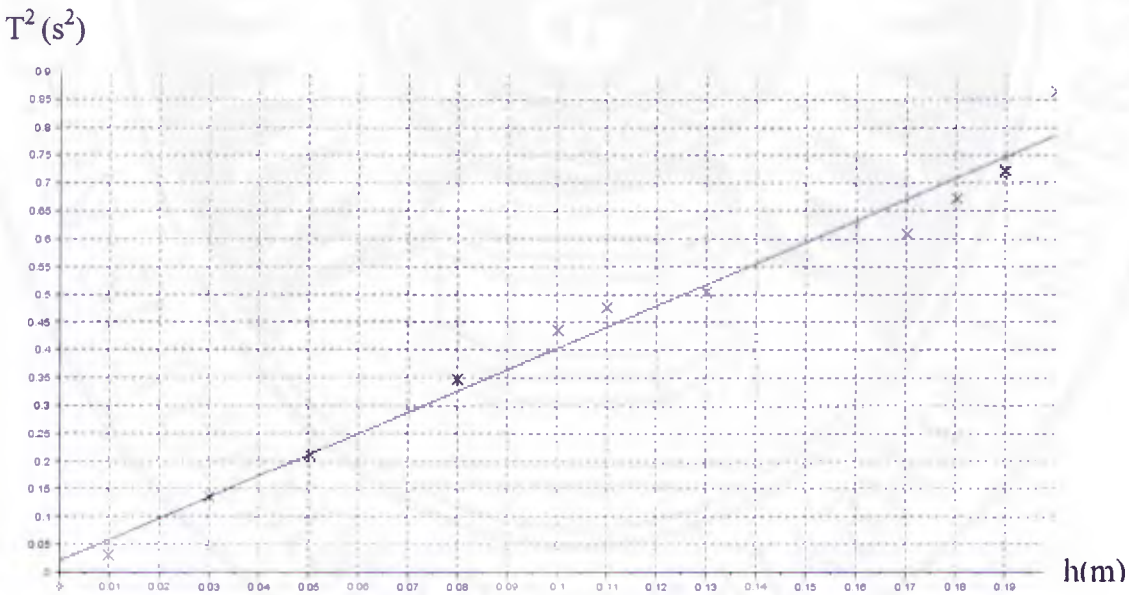
ครั้งที่	ความยาวเชือก L (m)	ความสูงของกรวย h (m)	คาบ T(s)	คาบกำลังสอง T^2 (s^2)
1	0.10	0.01	0.18	0.03
2	0.12	0.03	0.37	0.13
3	0.14	0.05	0.46	0.21
4	0.16	0.08	0.59	0.34
5	0.18	0.10	0.66	0.44
6	0.20	0.11	0.69	0.47
7	0.22	0.13	0.71	0.51
8	0.24	0.17	0.78	0.61
9	0.26	0.18	0.82	0.67
10	0.28	0.19	0.85	0.73
11	0.30	0.20	0.93	0.86

นำข้อมูลจากตารางที่ 4. 2 มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย (h) กับคาบกำลังสอง (T^2) ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย กับคาบกำลังสอง

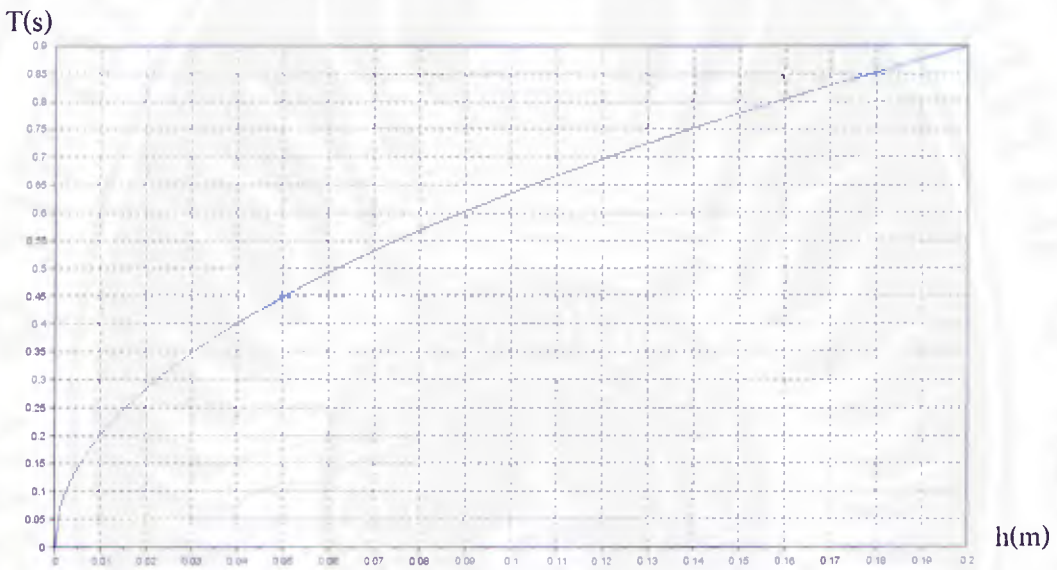
และเมื่อใช้สมการ fit function ในโปรแกรม Scilab แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย(h) กับคาบกำลังสอง(T^2) ดังภาพที่ 4.5



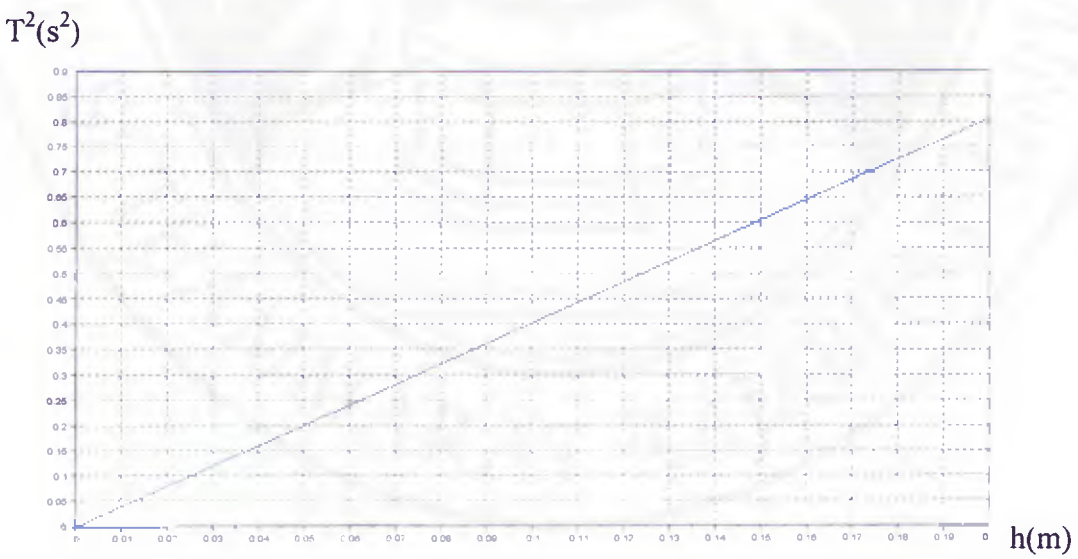
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง

เขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab

การเขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยใช้ความสูงของกรวย (h) จากการทดลองมาหาอัตราส่วนคาบทางทฤษฎีโดยใช้สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$ ในการเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย (h) กับคาบ (T) และคาบกำลังสอง (T^2) การจำลองคาบครั้งนี้ใช้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.7814 m/s^2 ดังภาพที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบทางทฤษฎี



ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวย กับคาบกำลังสองทางทฤษฎี

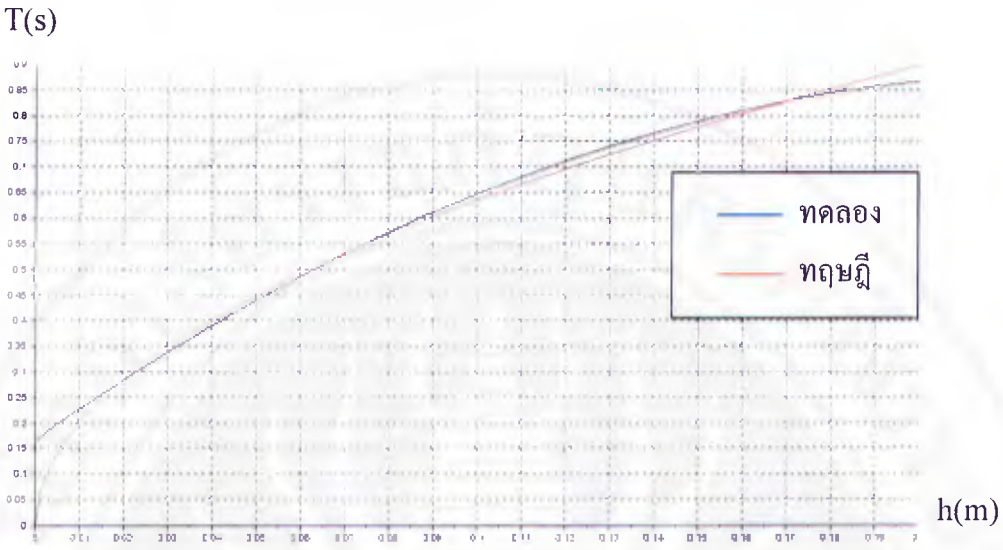
เปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

นำผลการทดลองจากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมมาเปรียบเทียบกับคาบที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและหาค่าความคลาดเคลื่อน ดังตารางที่ 4.3

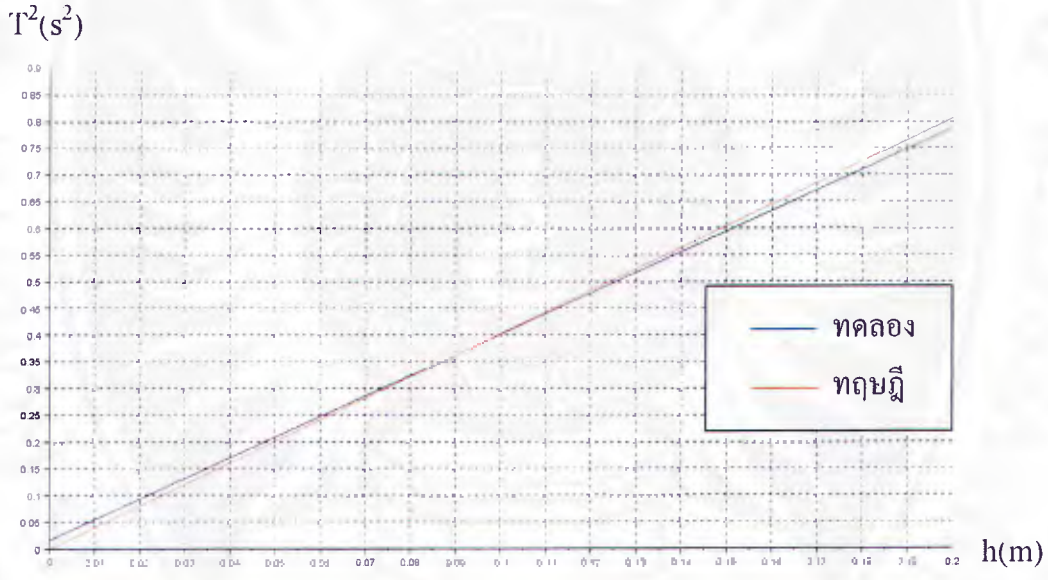
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบคาบจากการทดลองและคาบจากการคำนวณทางทฤษฎี

ครั้งที่	ความยาวเชือก L (m)	ความสูงของกรวย h (m)	คาบ T(s)		ร้อยละความแตกต่าง
			ทดลอง	ทฤษฎี	
1	0.10	0.01	0.18	0.20	10 00
2	0.12	0.03	0.37	0.35	5.71
3	0.14	0.05	0.46	0.45	2.22
4	0.16	0.08	0.59	0.57	3.50
5	0.18	0.10	0.66	0.64	3.12
6	0.20	0.11	0.69	0.67	2.98
7	0.22	0.13	0.71	0.72	1.38
8	0.24	0 17	0.78	0.83	6.02
9	0.26	0.18	0.82	0.85	3.52
10	0.28	0.19	0.85	0.88	3.40
11	0.30	0.20	0.93	0.90	3.33

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับผลการคำนวณทางทฤษฎี ดังภาพที่ 4. 8 และ 4.9 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับคาบทางทฤษฎี



ภาพที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบคาบกำลังสองที่ได้จากการทดลองกับทางทฤษฎี

เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง ที่ได้จากการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าทางทฤษฎี ใช้แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสอง ที่ได้ไปหาความชันกราฟ ตามสมการ $Y = mx + c$ ในโปรแกรม Scilab ได้ความชันของกราฟ เท่ากับ 3.8576417

นำความชันที่ได้ไปประยุกต์ใช้หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

จาก

$$T^2 = \frac{4\pi^2 h}{g}$$

จะได้

$$m = \frac{4\pi^2}{g}$$ เมื่อ m คือความชันของกราฟจากการทดลอง

$$g = \frac{4\pi^2}{m}$$

$$g = \frac{4\left(\frac{22}{7}\right)^2}{3.8576417}$$

$$g = 10.23$$

ได้ g จากชุดทดลองเท่ากับ 10.23 m/s^2

หาร้อยละของความคลาดเคลื่อน ได้เท่ากับ 4.62

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีสาระสำคัญดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์และสมมติฐานและวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชุดทดลอง เพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

2. เขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab

3. เปรียบเทียบคาบที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

สมมติฐานของการวิจัย

คาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม ที่ได้จากชุดทดลองกับคาบที่ได้จากการจำลองเชิงตัวเลขทางทฤษฎีด้วยโปรแกรม Scilab มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองและชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ชุดตรวจจับวัตถุส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ต USB ใช้โปรแกรมควบคุมชุดการทดลองเพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ตรวจจับคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ และแสดงผลตามเวลาจริง ที่มีความละเอียดในระดับ 10 มิลลิวินาที นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนแบบจำลองคาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรม Scilab หาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยกับคาบ พบว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง และเมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกรวยกับคาบกำลังสองพบว่ากราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคงที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงว่าคาบกำลังสองแปรผันตรงกับความสูงของกรวย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะกราฟของข้อมูลที่ได้จากการจำลองคาบการเคลื่อนแบบวงกลมทางทฤษฎี และเมื่อนำค่าที่ได้จากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.10 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัย

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาหาคาบโดยใช้ชุดทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และการจำลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมครั้งนี้พบว่าคาบที่ได้จากการทดลองเพิ่มขึ้นตามความสูงของกรวย เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟ เส้นกราฟแสดงแนวโน้มให้เห็นว่าเมื่อความสูงของกรวยเพิ่มขึ้นอัตราส่วนของคาบที่วัดได้จากการทดลองกับคาบที่คำนวณได้จากทฤษฎีมีค่ามากขึ้น ตามความสูงของกรวยแสดงว่าคาบที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและคาบจากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.10 สอดคล้องกับสมมติฐาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ตรวจสอบหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ 10.23 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.62 และชุดทดลองที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้น ยังสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อศึกษาคาบการเคลื่อนที่และปริมาณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุวัฒน์ บุญธรรมโม (2545) ที่ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้วัดคาบและความเร็วของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าเชิงทฤษฎี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีค่าต่างจากค่าเชิงทฤษฎี ไม่เกินร้อยละ 5 แต่การวิจัยครั้งนี้มีค่าความคาดเคลื่อนสูงกว่าของ นันทชัย ทองแป้น (2542) ที่ได้ทำวิจัยพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ (กลศาสตร์) เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยหลักการของแสง อิเล็กทรอนิกส์ ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการนำข้อมูล ไปประมวลผล วิเคราะห์ผล และแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์สามารถวัดเวลาได้ละเอียด 1/1000 วินาที โดยชุดทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.265 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเนื่องจากในขณะทำการทดลองผู้วิจัยอ่านค่าความสูงของกรวย จากเทปวัดระยะที่ติดกับขาตั้งของชุดตรวจจับวัตถุด้วยสายตา ที่ระดับเดียวกับตำแหน่งของลูกตุ้ม ทำให้ค่าความความสูงของกรวยมีค่าคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1.ในการทดลองหากต้องการค่าความละเอียดในการวัดเพิ่มขึ้น สามารถใช้คำสั่งให้นาฬิกาจับเวลามีความละเอียด 0.0001 วินาที และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการวัดความสูงของลูกตุ้ม จะให้ผลการทดลองที่แม่นยำมากขึ้น

2. อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นในการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดเวลาการเคลื่อนที่ในแนวตรง และอื่นๆ

3. ในการทดลองครั้งต่อไปควรมีการเพิ่มตัวแปรในการศึกษา เช่น เปลี่ยนแปลงค่ามวล กำหนดค่า แรงตึงเชือกคงที่ หรือรัศมีคงที่ และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบดิ่ง

บรรณานุกรม

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม. (2539). **การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรดิจิตอล.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธ์. (2553). **การสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ช่วง ทมชิตค์, เพลินจิต ทมชิตค์, ประกิตเผ่า ทมชิตค์ และประกิตพันธ์ ทมชิตค์. (2551) **APPLIED PHYSICS.** กรุงเทพฯ: ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง.

เชวง จันฟุ่น. (2551). **การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.**ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

โช สาลีฉัน. (2541). **เทคโนโลยีพื้นฐานการประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ไชยยันต์ ศิริโชติ. (2541). **การใช้ ADC ร่วมกับคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลจากการวัด. วารสารวิทยาศาสตร์** สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, **52** (2), 79.

ฐิติมา เทพญา. (2550). **การพัฒนาระบบแบบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไซน์แลปบนสถาปัตกรรมระดับสูง.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธัญญะ โพธิ์รัง. (2550). **การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธงชัย ชิวปรีชา. (2526). **ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ทดแทนในเอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 8-15.** นนทบุรี: สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

นันทชัย ทองแป้น และบุรินทร์ คณะเจริญ. (2542). **งานวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ (กลศาสตร์) เชื่อมต่อกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์. (2551).**คู่มือโปรแกรมภาษา SCILAB สำหรับผู้เริ่มต้น.**นครปฐม: โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ประนอม หมอกกระโทก. (2545) **การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.**ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประสงค์ ไชยสุวรรณ และ ศุภวัฒน์ แก้วมงคล. (2545). **ชุดทดลองการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนาน.**กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปราโมทย์ เสตสุวรรณ และปิยะรัตน์ พราหมณี. (2549). **การพัฒนาชุดทดลองทางฟิสิกส์โดยใ' ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการอ่านค่าและประมวลผล.** การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 32, 10-12 ตุลาคม, ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์,กรุงเทพฯ, หน้า 297.

ปรียา อนุพงษ์องอาจ. (2554). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการกำทอนของคลื่นในท่ออากาศ. **วารสารพัฒนาการเรียนการสอน, 5** (2), 5-19

_____ .(2553). **คู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1.** กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

พานิช อินต๊ะ และโกศล โอพารไพโรจน์. (2550). **การเรียนรู้การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก Visual Basic.** กรุงเทพฯ: The Knowledge Center.

พิพัฒน์ เลาหสงคราม. (2537). **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-48 & MCS-51** กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2530). **อุปกรณ์ช่วยสอน** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระนครเหนือ.

รัตติกาญ สุทธิเกิด. (2550). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab.**สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริชัย รัฐอนันต์พินิจ, ชาญ กบเผือก และปรางใจ ใจอิ่ม. (2552). **รายงานการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมและแรงสู่ศูนย์กลาง.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวัชชัย เลิศาถาพรสุข. (2547). **การพัฒนาชุดทดลองประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์. (2551). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ใน **ไมโครคอนโทรลเลอร์**.[Online]. Available: www.Adisak51.com, [2554, ธันวาคม 18].

อนุวัฒน์ บุญธรรมโม. (2545). **การศึกษาและการประยุกต์ใช้งานการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

David William. (2002). **Computers in physics Instruction: Students' Interactions in a Constructivist Microcomputer-Based Laboratory**, Thesis, Queensland University of Technology.

Doran, Rodney L. et al (1993) **Alternative Assessment of High School Laboratory Skills**, Journal of Research in Science Teaching.

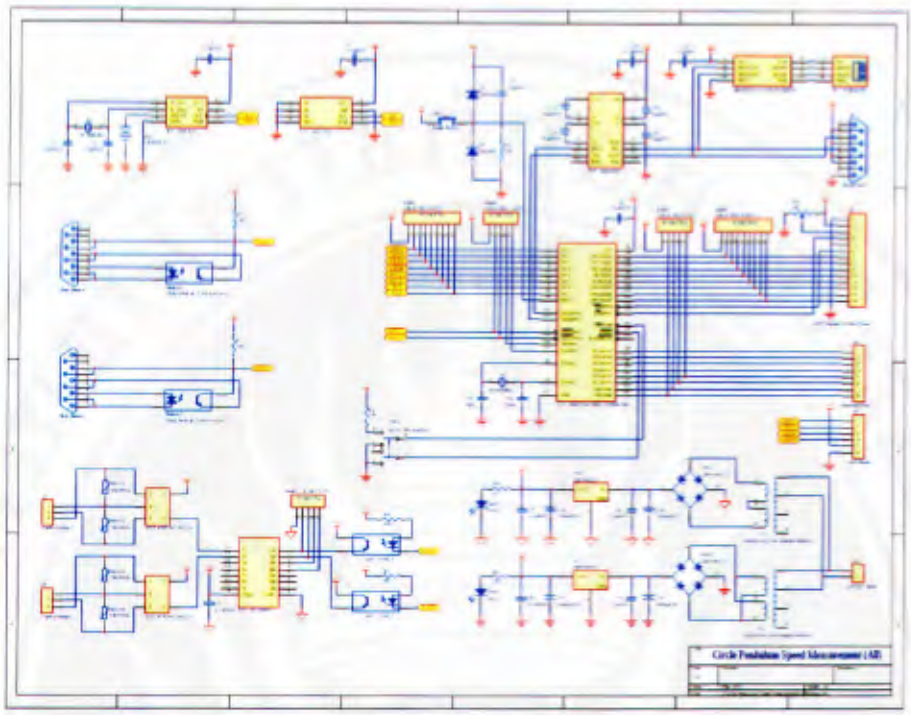
Douglas,Macbeth. (1998) **On an Actual Apparatus for Conceptual Cange**, Science Education.

Sharma R.C. (1982). **Modern Science Teaching** 3rd ed.Delhi:Neveen Shahdam,D.R. Printing Service.

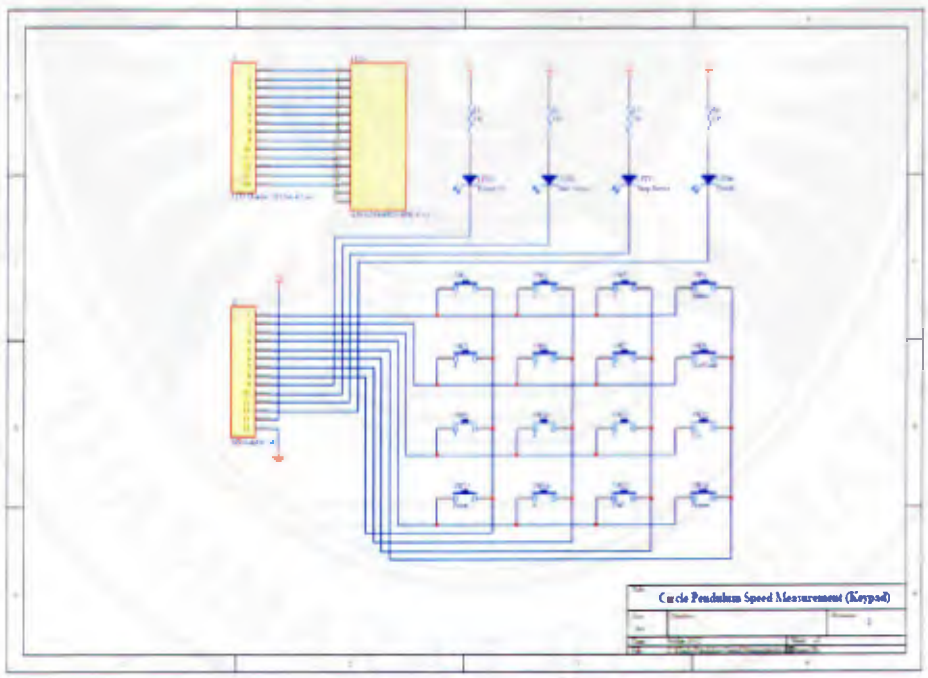
Orton – Flynn, Susan Jane. (1997). **The Design of a Multimedia Calculator and Its Use in Teaching Numerical to Those With learning Difficulties**, Dissertation Abstracts Online. 59

ภาคผนวก

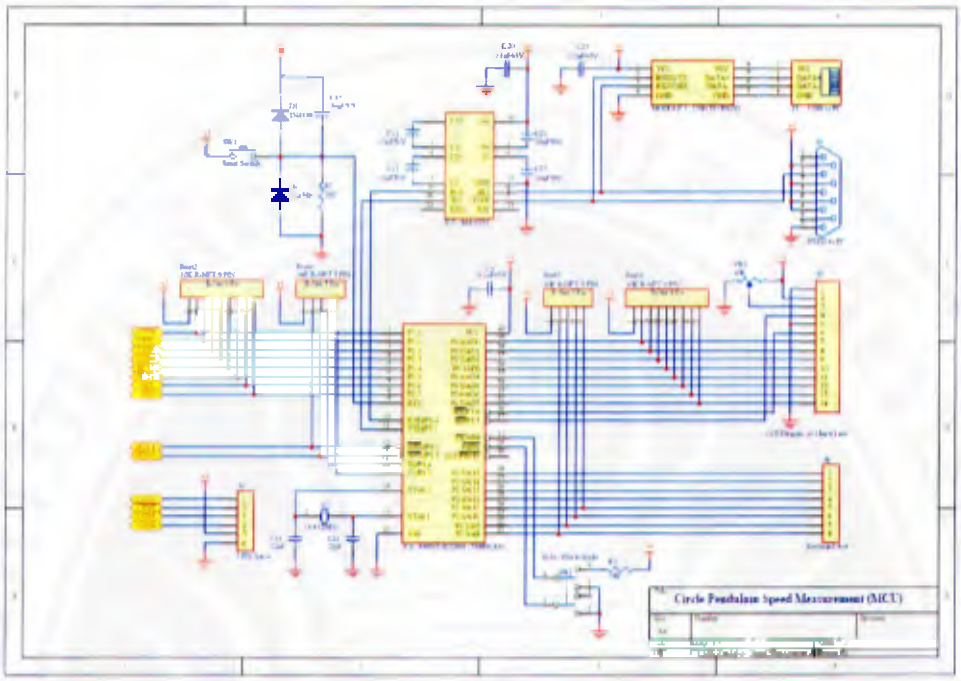
ภาคผนวก ก วงจรอิเล็กทรอนิกส์



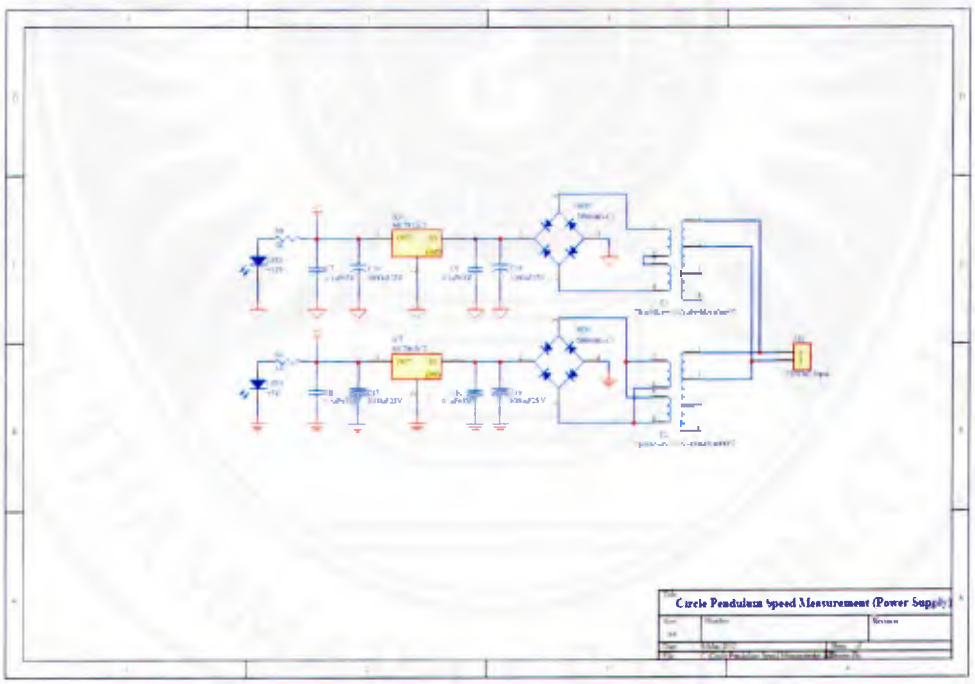
ภาพที่ ก-1 วงจรรวม



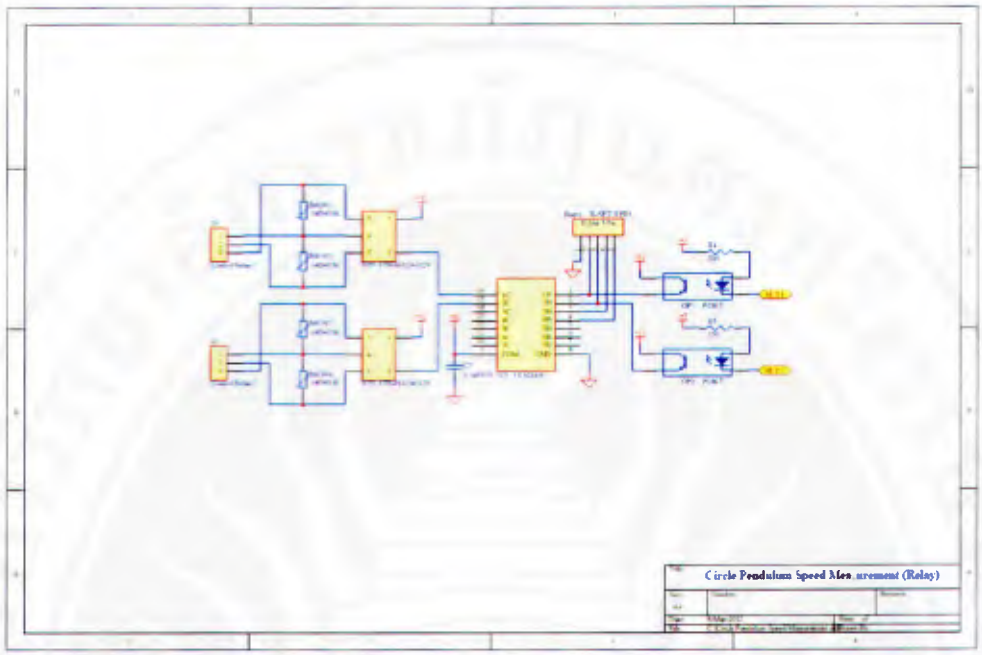
ภาพที่ ก-2 วงจรปุ่มหน้าจอ



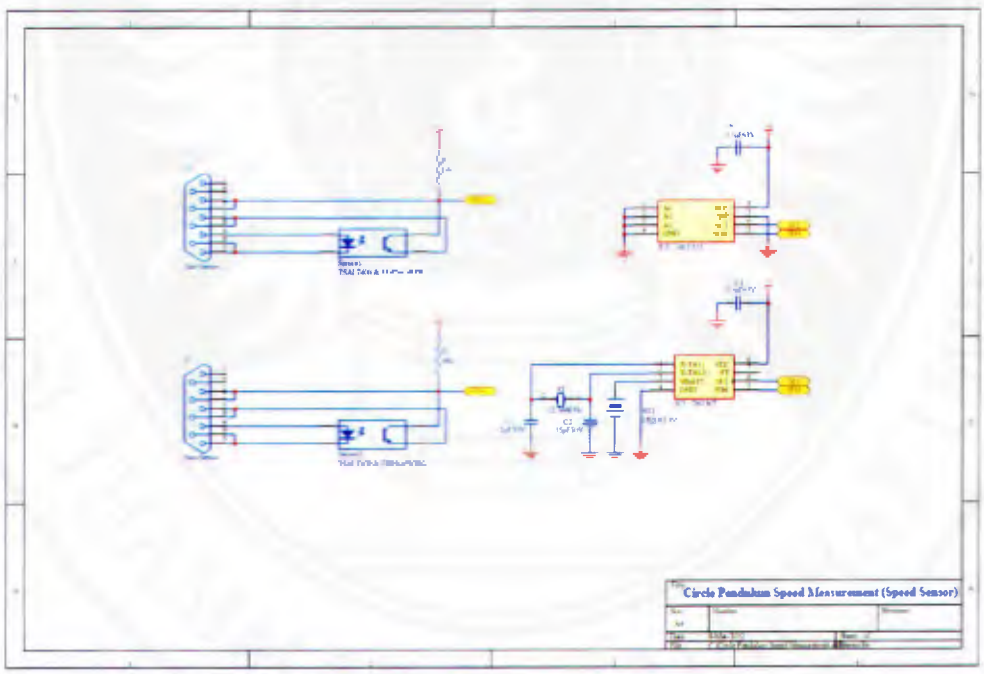
ภาพที่ ก-3 วงจรหลัก



ภาพที่ ก-4 วงจร power supply



ภาพที่ ก-5 วงจร รีเลย์



ภาพที่ ก-6 วงจรตรวจจับวัตถุ

ภาคผนวก ข คำสั่งโปรแกรม

คำสั่ง โปรแกรม Visaul Basic Version 6.0

```
Circle Pendulum Speed  Measurement.vbp


Type=Exe

Reference=*\G{00020430-0000-0000-C000-
000000000046}#2.0#0#C:\WINDOWS\system32\STDOLE2.TLB#OLE Automation

Object={F9043C88-F6F2-101A-A3C9-08002B2F49FB}#1.2#0; comdlg32.ocx

Object={648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0; MSCOMM32.OCX

Object={5E9E78A0-531B-11CF-91F6-C2863C385E30}#1.0#0; MSFLXGRD.OCX

Object={38911DA0-E448-11D0-84A3-00DD01104159}#1.1#0; COMCT332.OCX

Object={BDC217C8-ED16-11CD-956C-0000C04E4C0A}#1.1#0; TABCTL32.OCX

Object={831FDD16-0C5C-11D2-A9FC-0000F8754DA1}#2.0#0; MSCOMCTL.OCX

Form=FormCommPort.frm

Reference=*\G{6B263850-900B-11D0-9484-
00A0C91110ED}#1.0#0#C:\WINDOWS\system32\MSSTDFMT.DLL#Microsoft Data Formatting
Object Library 6.0 (SP4)

Form=FormMain.frm

IconForm="FormMain"

Startup="FormMain"

HelpFile=""

Title="Circle Pendulum Speed Measurement"

ExeName32="Circle Pendulum Speed Measurement.exe"

Command32=""

Name="CirclePendulumSpeedMeasurement"

HelpContextID="0"

Description="Circle Pendulum Speed Measurement"

CompatibleMode="0"

MajorVer=1

MinorVer=0
```

```
RevisionVer=0
AutoIncrementVer=0
ServerSupportFiles=0
VersionCompanyName="."
CompilationType=0
OptimizationType=0
FavorPentiumPro(tm)=0
CodeViewDebugInfo=0
NoAliasing=0
BoundsCheck=0
OverflowCheck=0
FlPointCheck=0
FDIVCheck=0
UnroundedFP=0
StartMode=0
Unattended=0
Retained=0
ThreadPerObject=0
MaxNumberOfThreads=1
DebugStartupOption=0

[MS Transaction Server]
AutoRefresh=1
```

Form CommPort.frm

```
VERSION 5.00
Object = "{831FDD16-0C5C-11D2-A9FC-0000F8754DA1}#2.0#0"; "MSCOMCTL.OCX"
Begin VB.Form FormCommPort
   AutoRedraw      =   -1  'True
   BorderStyle     =   3  'Fixed Dialog
   Caption         =   "CommPort Setting"
   ClientHeight    =   4230
   ClientLeft      =   4440
   ClientTop       =   3600
   ClientWidth     =   5985
   Icon            =   "FormCommPort.frx":0000
   LinkTopic       =   "Form3"
   LockControls    =   -1  'True
   MaxButton       =   0   'False
   MinButton       =   0   'False
   ScaleHeight     =   4230
   ScaleWidth      =   5985
   ShowInTaskbar   =   0   'False
   StartUpPosition =   2  'CenterScreen
   Begin VB.Frame fraSettings
      BorderStyle     =   0  'None
      Height          =   3495
      Left            =   255
      TabIndex        =   2
      Top             =   570
      Width           =   5445
      Begin VB.CommandButton cmdCancel
         Caption         =   "Cancel"
         Height          =   300
```

```
   Left            =   4335
   TabIndex        =   22
   Top             =   1065
   Width           =   1080
End
Begin VB.Frame Frame1
   Caption         =   "Maximum Speed"
   Height          =   870
   Left            =   180
   TabIndex        =   20
   Top             =   630
   Width           =   2340
   Begin VB.ComboBox cboSpeed
      Height       =   315
      Left         =   375
      Style        =   2  'Dropdown List
      TabIndex     =   21
      Top          =   330
      Width        =   1695
   End
End
Begin VB.Frame fraConnection
   Caption         =   "Connection Preferences"
   Height          =   1770
   Left            =   180
   TabIndex        =   12
   Top             =   1635
   Width           =   2325
   Begin VB.ComboBox cboStopBits
```

```
   Height        =   315
   Left          =   1050
   Style         =   2  'Dropdown List
   TabIndex      =   16
   Top           =   1260
   Width         =   1140
End
Begin VB.ComboBox cboParity
   Height        =   315
   Left          =   1050
   Style         =   2  'Dropdown List
   TabIndex      =   15
   Top           =   810
   Width         =   1140
End
Begin VB.ComboBox cboDataBits
   Height        =   315
   Left          =   1050
   Style         =   2  'Dropdown List
   TabIndex      =   14
   Top           =   330
   Width         =   1140
End
Begin VB.Label Label5
   Caption       =   "Stop Bits:"
   Height        =   285
   Left          =   180
   TabIndex      =   19
   Top           =   1320
```

```
      Width          =   885
   End
   Begin VB.Label Label4
      Caption        =   "Parity:"
      Height         =   285
      Left           =   180
      TabIndex       =   18
      Top            =   855
      Width          =   615
   End
   Begin VB.Label Label3
      Caption        =   "Data Bits:"
      Height         =   285
      Left           =   180
      TabIndex       =   17
      Top            =   375
      Width          =   825
   End
End
Begin VB.ComboBox cboPort
   Height          =   315
   Left            =   900
   Style           =   2  'Dropdown List
   TabIndex        =   11
   Top             =   150
   Width           =   1425
End
Begin VB.CommandButton cmdOK
   Caption         =   "OK"
```

```
   Default         =   -1  'True
   Height          =   300
   Left            =   4335
   MaskColor       =   &H00000000&
   TabIndex        =   0
   Top             =   705
   Width           =   1080
End
Begin VB.Frame Frame7
   Caption         =   "&Echo"
   Height          =   870
   Left            =   2595
   TabIndex        =   8
   Top             =   630
   Width           =   1590
   Begin VB.OptionButton optEcho
      Caption      =   "Off"
      Height       =   315
      Index        =   0
      Left         =   135
      MaskColor    =   &H00000000&
      TabIndex     =   10
      Top          =   360
      Width        =   615
   End
   Begin VB.OptionButton optEcho
      Caption      =   "On"
      Height       =   195
      Index        =   1
```

```
      Left            =   795
      MaskColor       =   &H00000000&
      TabIndex        =   9
      Top             =   420
      Width           =   555
   End
End
Begin VB.Frame Frame5
   Caption            =   "&Flow Control"
   Height             =   1770
   Left               =   2595
   TabIndex           =   3
   Top                =   1635
   Width              =   1620
   Begin VB.OptionButton optFlow
      Caption         =   "None"
      Height          =   255
      Index           =   0
      Left            =   180
      MaskColor       =   &H00000000&
      TabIndex        =   7
      Top             =   345
      Width           =   855
   End
   Begin VB.OptionButton optFlow
      Caption         =   "Xon/Xoff"
      Height          =   255
      Index           =   1
      Left            =   180
```

```
      MaskColor      =   &H00000000&
      TabIndex       =   6
      Top            =   645
      Width          =   1095
   End
   Begin VB.OptionButton optFlow
      Caption        =   "RTS"
      Height         =   255
      Index          =   2
      Left           =   180
      MaskColor      =   &H00000000&
      TabIndex       =   5
      Top            =   945
      Width          =   735
   End
   Begin VB.OptionButton optFlow
      Caption        =   "Xon/RTS"
      Height         =   255
      Index          =   3
      Left           =   180
      MaskColor      =   &H00000000&
      TabIndex       =   4
      Top            =   1245
      Width          =   1155
   End
End
Begin VB.Label Label1
   Caption           =   "Port:"
   Height            =   315
```

```
      Left            =   330
      TabIndex        =   13
      Top             =   180
      Width           =   495
   End
End
Begin MSComctlLib.TabStrip tabSettings
   Height             =   4065
   Left               =   90
   TabIndex           =   1
   Top                =   105
   Width              =   5820
   _ExtentX           =   10266
   _ExtentY           =   7170
   MultiRow           =   -1  'True
   _Version           =   393216
   BeginProperty Tabs {1EFB6598-857C-11D1-B16A-00C0F0283628}
      NumTabs         =   1
      BeginProperty Tab1 {1EFB659A-857C-11D1-B16A-00C0F0283628}
         Caption      =   "Properties"
         ImageVarType =   2
      EndProperty
   EndProperty
End
End
Attribute VB_Name = "FormCommPort"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
```

```
Attribute VB_Exposed = False
Private iFlow As Integer, iTempEcho As Boolean

Sub LoadPropertySettings()
Dim i As Integer, Settings As String, Offset As Integer

' Load Port Settings
For i = 1 To 16
    cboPort.AddItem "Com" & Trim$(Str$(i))
Next i

' Load Speed Settings
cboSpeed.AddItem "110"
cboSpeed.AddItem "300"
cboSpeed.AddItem "600"
cboSpeed.AddItem "1200"
cboSpeed.AddItem "2400"
cboSpeed.AddItem "4800"
cboSpeed.AddItem "9600"
cboSpeed.AddItem "14400"
cboSpeed.AddItem "19200"
cboSpeed.AddItem "28800"
cboSpeed.AddItem "38400"
cboSpeed.AddItem "56000"
cboSpeed.AddItem "57600"
cboSpeed.AddItem "115200"
cboSpeed.AddItem "128000"
cboSpeed.AddItem "256000"
```

```
' Load Data Bit Settings
cboDataBits.AddItem "4"
cboDataBits.AddItem "5"
cboDataBits.AddItem "6"
cboDataBits.AddItem "7"
cboDataBits.AddItem "8"

' Load Parity Settings
cboParity.AddItem "Even"
cboParity.AddItem "Odd"
cboParity.AddItem "None"
cboParity.AddItem "Mark"
cboParity.AddItem "Space"

' Load Stop Bit Settings
cboStopBits.AddItem "1"
cboStopBits.AddItem "1.5"
cboStopBits.AddItem "2"

' Set Default Settings

Settings = FormMain.MSComm1.Settings
' In all cases the right most part of Settings will be 1 character
' except when there are 1.5 stop bits.
If InStr(Settings, ".") > 0 Then
    Offset = 2
Else
    Offset = 0
End If
```

```
cboSpeed.Text = Left$(Settings, Len(Settings) - 6 - Offset)
Select Case Mid$(Settings, Len(Settings) - 4 - Offset, 1)
Case "e"
    cboParity.ListIndex = 0
Case "m"
    cboParity.ListIndex = 1
Case "n"
    cboParity.ListIndex = 2
Case "o"
    cboParity.ListIndex = 3
Case "s"
    cboParity.ListIndex = 4
End Select

cboDataBits.Text = Mid$(Settings, Len(Settings) - 2 - Offset, 1)
cboStopBits.Text = Right$(Settings, 1 + Offset)

cboPort.ListIndex = FormMain.MSComm1.CommPort - 1

optFlow(FormMain.MSComm1.Handshaking).Value = True
If Echo Then
    optEcho(1).Value = True
Else
    optEcho(0).Value = True
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdCancel_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
Dim OldPort As Integer, ReOpen As Boolean

On Error Resume Next

Echo = iTempEcho
OldPort = FormMain.MSComm1.CommPort
NewPort = cboPort.ListIndex + 1

If NewPort <> OldPort Then                    ' If the port number changes,
close the old port.
    If FormMain.MSComm1.PortOpen Then
    FormMain.MSComm1.PortOpen = False
          ReOpen = True
    End If

FormMain.MSComm1.CommPort = NewPort           ' Set the new port number.

    If Err = 0 Then
        If ReOpen Then
           FormMain.MSComm1.PortOpen = True
            frmTerminal.mnuOpen.Checked = FormMain.MSComm1.PortOpen
            frmTerminal.mnuSendText.Enabled = FormMain.MSComm1.PortOpen
            frmTerminal.tbrToolBar.Buttons("TransmitTextFile").Enabled =
FormMain.MSComm1.PortOpen
        End If
```

```
    End If

    If Err Then
        MsgBox Error$, 48
        FormMain.MSComm1.CommPort = OldPort
        Exit Sub
    End If
End If

FormMain.MSComm1.Settings = Trim$(cboSpeed.Text) & "," & Left$(cboParity.Text,
1) _
    & "," & Trim$(cboDataBits.Text) & "," & Trim$(cboStopBits.Text)

If Err Then
    MsgBox Error$, 48
    Exit Sub
End If

FormMain.MSComm1.Handshaking = iFlow
If Err Then
    MsgBox Error$, 48
    Exit Sub
End If

SaveSetting App.Title, "Properties", "Settings", FormMain.MSComm1.Settings
SaveSetting App.Title, "Properties", "CommPort", FormMain.MSComm1.CommPort
SaveSetting App.Title, "Properties", "Handshaking",
FormMain.MSComm1.Handshaking
SaveSetting App.Title, "Properties", "Echo", Echo
Unload Me
```

```
End Sub

Private Sub Form_Load()

' Set the form's size
Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2
Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 2

' Size the frame to fit in the tabstrip control
fraSettings.Move tabSettings.ClientLeft, tabSettings.ClientTop

' Make sure the frame is the top most control
fraSettings.ZOrder

' Load current property settings
LoadPropertySettings

End Sub

Private Sub optEcho_Click(Index As Integer)
If Index = 1 Then
    iTempEcho = True
Else
    iTempEcho = False
End If
End Sub

Private Sub optFlow_Click(Index As Integer)
```

```
iFlow = Index
End Sub
```

Form Main.frm

```
VERSION 5.00
Object = "{648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0"; "MSCOMM32.OCX"
Object = "{831FDD16-0C5C-11D2-A9FC-0000F8754DA1}#2.0#0"; "MSCOMCTL.OCX"
Begin VB.Form FormMain
   Caption              =   "Circle Pendulum Speed Measurement"
   ClientHeight         =   8265
   ClientLeft           =   4710
   ClientTop            =   525
   ClientWidth          =   16800
   Icon                 =   "FormMain.frx":0000
   LinkTopic            =   "Form1"
   MaxButton            =   0   'False
   ScaleHeight          =   8265
   ScaleWidth           =   16800
   StartUpPosition      =   1  'CenterOwner
   Begin MSComctlLib.ImageList ImageList1
      Left              =   15720
      Top               =   5160
      _ExtentX          =   1005
      _ExtentY          =   1005
      BackColor         =   -2147483643
      ImageWidth        =   48
      ImageHeight       =   48
      MaskColor         =   12632256
```

```
   _Version           =   393216
   BeginProperty Images {2C247F25-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}
      NumListImages   =   4
      BeginProperty ListImage1 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}
         Picture      =   "FormMain.frx":030A
         Key          =   ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage2 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}
         Picture      =   "FormMain.frx":1E5E
         Key          =   ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage3 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}
         Picture      =   "FormMain.frx":39B0
         Key          =   ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage4 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}
         Picture      =   "FormMain.frx":5502
         Key          =   ""
      EndProperty
   EndProperty
End
Begin MSCommLib.MSComm MSComm1
   Left               =   15720
   Top                =   4680
   _ExtentX           =   1005
   _ExtentY           =   1005
   _Version           =   393216
   DTREnable          =   -1  'True
   BaudRate           =   38400
```

```
End
Begin VB.Timer Timer1
   Enabled         =   0   'False
   Interval        =   250
   Left            =   15840
   Top             =   2880
End
Begin VB.Timer Timer2
   Enabled         =   0   'False
   Interval        =   250
   Left            =   15840
   Top             =   3240
End
Begin VB.Timer Timer3
   Enabled         =   0   'False
   Interval        =   1000
   Left            =   15840
   Top             =   3600
End
Begin VB.Timer Timer5
   Interval        =   1000
   Left            =   15840
   Top             =   4320
End
Begin VB.Timer Timer4
   Enabled         =   0   'False
   Interval        =   1000
   Left            =   15840
   Top             =   3960
```

```
End
Begin VB.Frame FrameMain
   Caption            =   "Circle Pendulum Speed Measurement"
   BeginProperty Font
      Name            =   "Times New Roman"
      Size            =   15.75
      Charset         =   0
      Weight          =   700
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height             =   6495
   Left               =   120
   TabIndex           =   16
   Top                =   1080
   Width              =   16575
   Begin VB.Frame FrameTimeInformation
      Caption         =   "Timing Information"
      BeginProperty Font
         Name         =   "Times New Roman"
         Size         =   14.25
         Charset      =   0
         Weight       =   700
         Underline    =   0   'False
         Italic       =   0   'False
        Strikethrough =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   5895
```

```
   Left            =   8280
   TabIndex        =   13
   Top             =   360
   Width           =   8055
   Begin VB.TextBox TextRealTime
      Alignment    =   2  'Center
      BackColor    =   &H00000000&
      BeginProperty DataFormat
         Type      =   1
         Format    =   "00:00:00:00"
  HaveTrueFalseNull=   0
   FirstDayOfWeek  =   0
   FirstWeekOfYear =   0
   LCID            =   1054
   SubFormatType   =   0
      EndProperty
      BeginProperty Font
   Name            =   "Arial"
   Size            =   39.75
   Charset         =   0
   Weight          =   700
   Underline       =   0   'False
   Italic          =   0   'False
   Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
   ForeColor       =   &H00FFFF00&
   Height          =   960
   Left            =   2520
   TabIndex        =   4
```

```
Text            =   "00:00:00:00"
   Top          =   1080
   Width        =   4575
End
Begin VB.TextBox TextStopTime
   Alignment    =   2  'Center
   BackColor    =   &H00000000&
   BeginProperty DataFormat
      Type      =   1
      Format    =   "00:00:00:00"
HaveTrueFalseNull=   0
 FirstDayOfWeek  =   0
 FirstWeekOfYear =   0
 LCID            =   1054
 SubFormatType   =   0
   EndProperty
   BeginProperty Font
 Name            =   "Arial"
 Size            =   39.75
 Charset         =   0
 Weight          =   700
 Underline       =   0   'False
 Italic          =   0   'False
 Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
 ForeColor       =   &H00FFFF00&
 Height          =   990
 Left            =   2520
 TabIndex        =   1
```

```
Text            =   "00:00:00:00"
Top             =   3240
Width           =   4575
End
Begin VB.TextBox TextDurationTime
Alignment       =   2  'Center
BackColor       =   &H00000000&
BorderStyle     =   0  'None
   BeginProperty DataFormat
Type            =   1
Format          =   "00:00:00:00"
HaveTrueFalseNull=  0
FirstDayOfWeek  =   0
 FirstWeekOfYear =  0
 LCID            =  1054
 SubFormatType   =  0
   EndProperty
   BeginProperty Font
  Name           =   "Arial"
      Size       =   39.75
      Charset    =   0
      Weight     =   700
      Underline  =   0   'False
      Italic     =   0   'False
  trikethrough   =   0   'False
   EndProperty
 ForeColor       =   &H00FFFF00&
 Height          =   900
 Left            =   2520
```

```
    TabIndex      =   2
    Text          =   "00:00:00:00"
    Top           =   4320
    Width         =   4575
End
Begin VB.TextBox TextStartTime
    Alignment     =   2  'Center
    BackColor     =   &H00000000&
    BorderStyle   =   0  'None
    BeginProperty DataFormat
       Type       =   1
       Format     =   "00:00:00:00"
HaveTrueFalseNull=   0
 FirstDayOfWeek  =   0
 FirstWeekOfYear =   0
 LCID            =   1054
 SubFormatType   =   0
    EndProperty
    BeginProperty Font
  Name           =   "Arial"
  Size           =   39.75
 Charset         =   0
 Weight          =   700
 Underline       =   0   'False
 Italic          =   0   'False
 Strikethrough   =   0   'False
    EndProperty
  ForeColor      =   &H00FFFF00&
    Height       =   915
```

```
   Left          =   2520
   TabIndex      =   3
   Text          =   "00:00:00:00"
   Top           =   2160
   Width         =   4560
End
Begin VB.TextBox Text1
   Height        =   885
   Left          =   2520
   TabIndex      =   0
   Text          =   "Text1"
   Top           =   4320
   Width         =   4575
End
Begin VB.Label LabelRealTime
   Caption       =   "Real Time"
   BeginProperty Font
Name             =   "Times New Roman"
Size             =   20.25
Charset          =   0
Weight           =   700
Underline        =   0   'False
Italic           =   0   'False
Strikethrough    =   0   'False
   EndProperty
Height           =   495
Left             =   600
   TabIndex      =   9
   Top           =   1320
```

```
   Width          =   1815
End
Begin VB.Label Label10mS
   Alignment      =   2  'Center
   AutoSize       =   -1  'True
   Caption        =   "10mS"
   BeginProperty Font
      Name        =   "Times New Roman"
      Size        =   20.25
      Charset     =   0
      Weight      =   700
      Underline   =   0   'False
      Italic      =   0   'False
   Strikethrough  =   0   'False
   EndProperty
   Height         =   465
   Left           =   6000
   TabIndex       =   8
   Top            =   600
   Width          =   1005
   End
   Begin VB.Label LabelSS
   Alignment      =   2  'Center
   AutoSize       =   -1  'True
   Caption        =   "SS"
      BeginProperty Font
   Name           =   "Times New Roman"
   Size           =   20.25
   Charset        =   0
```

```
Weight          =   700
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
Height          =   465
Left            =   5160
TabIndex        =   7
Top             =   600
Width           =   450
End
Begin VB.Label LabelMM
Alignment       =   2  'Center
AutoSize        =   -1  'True
   Caption      =   "MM"
   BeginProperty Font
      Name      =   "Times New Roman"
      Size      =   20.25
      Charset   =   0
      Weight    =   700
      Underline =   0   'False
      Italic    =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height       =   465
   Left         =   3840
   TabIndex     =   6
   Top          =   600
   Width        =   765
```

```
End
Begin VB.Label LabelHH
   Alignment      =   2  'Center
   AutoSize       =   -1  'True
   Caption        =   "HH"
   BeginProperty Font
      Name        =   "Times New Roman"
      Size        =   20.25
      Charset     =   0
      Weight      =   700
      Underline   =   0   'False
      Italic      =   0   'False
Strikethrough     =   0   'False
   EndProperty
Height            =   465
   Left           =   2760
   TabIndex       =   5
   Top            =   600
   Width          =   645
End
Begin VB.Label LabelDuration
   Alignment      =   2  'Center
   AutoSize       =   -1  'True
   Caption        =   "Duration"
   BeginProperty Font
      Name        =   "Times New Roman"
      Size        =   20.25
      Charset     =   0
      Weight      =   700
```

```
      Underline =   0   'False
      Italic    =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height       =   465
   Left         =   720
   TabIndex     =   12
   Top          =   4560
   Width        =   1635
End
Begin VB.Label LabelStart
   Alignment    =   2  'Center
   Appearance   =   0  'Flat
   AutoSize     =   -1  'True
   Caption      =   "Start Time"
   BeginProperty Font
      Name      =   "Times New Roman"
      Size      =   20.25
      Charset   =   0
      Weight    =   700
      Underline =   0   'False
      Italic    =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
ForeColor       =   &H80000008&
Height          =   465
Left            =   480
TabIndex        =   10
Top             =   2400
```

```
   Width           =   1905
   End
   Begin VB.Label LabelStop
   Alignment       =   2  'Center
   Appearance      =   0  'Flat
   AutoSize        =   -1  'True
   Caption         =   "Stop Time"
      BeginProperty Font
   Name            =   "Times New Roman"
   Size            =   20.25
   Charset         =   0
   Weight          =   700
   Underline       =   0   'False
   Italic          =   0   'False
   Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
   ForeColor       =   &H80000008&
   Height          =   465
   Left            =   600
   TabIndex        =   11
   Top             =   3480
   Width           =   1815
   End
End
Begin VB.Frame FrameMovementInformation
   Caption         =   "Moving Information"
   BeginProperty Font
   Name            =   "Times New Roman"
   Size            =   14.25
```

```
Charset         =   0
Weight          =   700
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
Height          =   5895
Left            =   240
TabIndex        =   14
Top             =   360
Width           =   7815
Begin VB.Line Line2
BorderStyle     =   4  'Dash-Dot
BorderWidth     =   3
Visible         =   0   'False
X1              =   4080
X2              =   4080
Y1              =   4680
Y2              =   1200
End
Begin VB.Shape ShapeCircle4
FillColor       =   &H8000000F&
FillStyle       =   0  'Solid
Height          =   615
Left            =   3720
Shape           =   3  'Circle
Top             =   3240
Width           =   735
End
```

```
Begin VB.Shape ShapeCircle2
FillColor       =   &H8000000F&
FillStyle       =   0  'Solid
Height          =   615
Left            =   3720
Shape           =   3  'Circle
Top             =   4680
Width           =   735
End
Begin VB.Shape ShapeCircle3
   FillColor    =   &H8000000F&
   FillStyle    =   0  'Solid
   Height       =   615
   Left         =   6120
   Shape        =   3  'Circle
   Top          =   4080
   Width        =   735
End
Begin VB.Shape ShapeCircle1
   FillColor    =   &H8000000F&
   FillStyle    =   0  'Solid
   Height       =   615
   Left         =   1320
   Shape        =   3  'Circle
   Top          =   4080
   Width        =   735
End
Begin VB.Shape Shape2
   FillColor    =   &H8000000F&
```

```
   FillStyle     =   0  'Solid
   Height        =   1215
   Left          =   1800
   Shape         =   2  'Oval
   Top           =   3720
   Width         =   4575
End
Begin VB.Line Line4
   BorderWidth   =   3
   Visible       =   0   'False
   X1            =   4080
   X2            =   4080
   Y1            =   3240
   Y2            =   1200
End
Begin VB.Line Line5
   BorderWidth   =   2
   X1            =   600
   X2            =   1200
   Y1            =   4440
   Y2            =   4440
End
Begin VB.Label LabelCStop
   Alignment     =   2  'Center
   AutoSize      =   -1  'True
   Caption       =   "Stop"
   BeginProperty Font
      Name       =   "MS Sans Serif"
      Size       =   12
```

```
      Charset         =   222
      Weight          =   700
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
   Strikethrough      =   0   'False
      EndProperty
   Height             =   300
   Left               =   600
   TabIndex           =   19
   Top                =   4440
   Width              =   615
   End
   Begin VB.Label LabelCStart
   AutoSize           =   -1  'True
   Caption            =   "Start"
      BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   12
      Charset         =   222
      Weight          =   700
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
   Strikethrough      =   0   'False
      EndProperty
   Height             =   300
   Left               =   600
   TabIndex           =   18
   Top                =   4080
   Width              =   615
```

```
End
Begin VB.Line Line3
BorderStyle     =   4  'Dash-Dot
BorderWidth     =   3
Visible         =   0   'False
X1              =   6480
X2              =   4080
Y1              =   4080
Y2              =   1200
End
Begin VB.Line Line1
BorderWidth     =   3
Visible         =   0   'False
X1              =   1680
X2              =   4080
Y1              =   4080
Y2              =   1200
End
Begin VB.Shape Shape4
FillStyle       =   7  'Diagonal Cross
Height          =   615
Left            =   3600
Top             =   600
Width           =   975
End
Begin VB.Shape Shape1
FillColor       =   &H00FFFF00&
FillStyle       =   0  'Solid
Height          =   1695
```

```
      Left            =   1560
      Shape           =   2  'Oval
      Top             =   3480
      Width           =   5055
      End
   End
End
Begin MSComctlLib.StatusBar sbrStatus
      Height          =   435
      Left            =   120
      TabIndex        =   17
      Top             =   7680
      Width           =   16575
      _ExtentX        =   29236
      _ExtentY        =   767
      _Version        =   393216
   BeginProperty Panels {8E3867A5-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}
      NumPanels       =   3
      BeginProperty Panel1 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}
      AutoSize        =   2
Object.Width          =   4419
      MinWidth        =   4410
      Text            =   "Connect Status :"
      TextSave        =   "Connect Status :"
      Key             =   "Status"
Object.ToolTipText    =   "Communications Port Status"
      EndProperty
      BeginProperty Panel2 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}
      AutoSize        =   1
```

```
        Object.Width    =   20322
        MinWidth        =   2
        Text            =   "Port Settings :"
        TextSave        =   "Port Settings :"
        Key             =   "Settings"
Object.ToolTipText      =   "Communications Port Settings"
        EndProperty
        BeginProperty Panel3 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}
        AutoSize        =   2
Object.Width            =   4419
        MinWidth        =   4410
        Text            =   "Connect Time :"
        TextSave        =   "Connect Time :"
        Key             =   "ConnectTime"
Object.ToolTipText      =   "Connect Time"
        EndProperty
    EndProperty
    BeginProperty Font {0BE35203-8F91-11CE-9DE3-00AA004BB851}
        Name            =   "MS Sans Serif"
        Size            =   8.25
        Charset         =   222
        Weight          =   700
        Underline       =   0   'False
        Italic          =   0   'False
        Strikethrough   =   0   'False
    EndProperty
  End
  Begin MSComctlLib.Toolbar Toolbar1
        Align           =   1  'Align Top
```

```
   Height          =   1050
   Left            =   0
   TabIndex        =   15
   Top             =   0
   Width           =   16800
   _ExtentX        =   29633
   _ExtentY        =   1852
   ButtonWidth     =   1455
   ButtonHeight    =   1799
   Wrappable       =   0   'False
   Appearance      =   1
   Style           =   1
   ImageList       =   "ImageList1"
   _Version        =   393216
BeginProperty Buttons {66833FE8-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
   NumButtons      =   15
   BeginProperty Button1 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
   Enabled         =   0   'False
   Style           =   2
   EndProperty
   BeginProperty Button2 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
   Enabled         =   0   'False
   Style           =   2
   EndProperty
   BeginProperty Button3 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
   Enabled         =   0   'False
   Style           =   2
   EndProperty
   BeginProperty Button4 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
```

```
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button5 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button6 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button7 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Caption         =   "Comport"
        Key             =   "Comport1"
Object.ToolTipText      =   "Comport Setting"
        ImageIndex      =   1
        EndProperty
        BeginProperty Button8 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button9 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Style           =   3
        EndProperty
        BeginProperty Button10 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Caption         =   "Start"
        Key             =   "Start1"
Object.ToolTipText      =   "Start"
        ImageIndex      =   2
```

```
        EndProperty
        BeginProperty Button11 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button12 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Caption         =   "Stop"
        Key             =   "Stop1"
  Object.ToolTipText    =   "Stop"
        ImageIndex      =   3
        EndProperty
        BeginProperty Button13 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Style           =   3
        EndProperty
        BeginProperty Button14 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Enabled         =   0   'False
        Style           =   2
        EndProperty
        BeginProperty Button15 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
        Caption         =   "Exit"
        Key             =   "Exit1"
  Object.ToolTipText    =   "Exit"
        ImageIndex      =   4
        EndProperty
      EndProperty
        BorderStyle     =   1
   End
End
```

```
       Attribute VB_Name = "FormMain"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
   Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
   Attribute VB_Exposed = False
Option Explicit
      Dim StartTime As Date
      Dim z As Double
      Dim t As String
      Dim MovingData As Byte

      Dim strbuffer As String
      Dim strbuffer1 As String
      Dim strbuffer2 As String

      Dim HourStart As String
      Dim MinuteStart As String
      Dim SecondStart As String
      Dim mSStart As String

      Dim HourStop As String
      Dim MinuteStop As String
      Dim SecondStop As String
      Dim mSStop As String

      Dim HourDuration As String
      Dim MinuteDuration As String
      Dim SecondDuration As String
      Dim mSDuration As String
```

```
Private Sub Form_Load()

Dim CommPort As String, Handshaking As String, Settings As String

      Toolbar1.Buttons("Stop1").Enabled = False

      ShapeCircle1.Visible = False
      ShapeCircle2.Visible = True
      ShapeCircle3.Visible = False
      ShapeCircle4.Visible = False
      ShapeCircle2.FillColor = &H8080FF

      Shape1.Visible = False
      Shape2.Visible = False

      Line1.Visible = False
      Line2.Visible = True
      Line3.Visible = False
      Line4.Visible = False

      LabelCStart.Visible = False
      LabelCStop.Visible = False
      Line5.Visible = False

     TextStartTime.Locked = True
      Timer1.Enabled = False
      Timer2.Enabled = False
      Timer3.Enabled = False
```

```
      Timer4.Enabled = False
      Timer5.Enabled = True
      z = Timer

      sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = "Present Time : " & Format(Now,
"hh:nn:ss")

Settings = GetSetting(App.Title, "Properties", "Settings", "")
      If Settings <> "" Then
        MSComm1.Settings = Settings
        If Err Then
            MsgBox Error$, 48
            Exit Sub
        End If
      End If

      CommPort = GetSetting(App.Title, "Properties", "CommPort", "")
      If CommPort <> "" Then MSComm1.CommPort = CommPort

      Handshaking = GetSetting(App.Title, "Properties", "Handshaking", "")
      If Handshaking <> "" Then
        MSComm1.Handshaking = Handshaking
        If Err Then
            MsgBox Error$, 48
            Exit Sub
        End If
      End If
      On Error GoTo 0
```

```
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
  '-------------------------------------------------
  '                   Recive Data
  '-------------------------------------------------
  Dim strbuffer As String
     If MSComm1.CommEvent Then
        strbuffer = MSComm1.Input
        End If

        strbuffer1 = Right(strbuffer1 & strbuffer, 47)
        strbuffer2 = Left(strbuffer1, 47)
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
   '-------------------------------------------------
   '                Send Data
   '-------------------------------------------------
      If MSComm1.PortOpen = False Then
         MSComm1.PortOpen = True
      Else
         MSComm1.OutBufferCount = 0
         MSComm1.Output = Chr(&H1) & Chr(&H52) & Chr(&HD)
         MSComm1.RThreshold = 1
      End If

End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Timer()
      MovingData = MovingData + 1
      Select Case MovingData
       Case "1"
            ShapeCircle1.FillColor = &H8080FF
            Line1.Visible = True
            Line2.Visible = False
            Line3.Visible = False
            Line4.Visible = False
       Case "2"
            ShapeCircle2.FillColor = &H8080FF
            Line1.Visible = False
            Line2.Visible = True
            Line3.Visible = False
            Line4.Visible = False
       Case "3"
            ShapeCircle3.FillColor = &H8080FF
            Line1.Visible = False
            Line2.Visible = False
            Line3.Visible = True
            Line4.Visible = False
       Case "4"
            ShapeCircle4.FillColor = &H8080FF
            Line1.Visible = False
            Line2.Visible = False
            Line3.Visible = False
            Line4.Visible = True
       Case "5"
            ShapeCircle1.FillColor = &H8000000F
```

```
  ShapeCircle2.FillColor = &H8000000F
  ShapeCircle3.FillColor = &H8000000F
  ShapeCircle4.FillColor = &H8000000F
   LabelCStart.BackColor = &H8000000F
    LabelCStop.BackColor = &H8000000F


          Line1.Visible = True
          Line2.Visible = False
          Line3.Visible = False
          Line4.Visible = False
             MovingData = 0
       End Select
End Sub


Private Sub Timer3_Timer()
     sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = "Connect Time : " & Format(Now -
StartTime, "hh:nn:ss") & " "
     t = Timer - z


     HourDuration = Mid(strbuffer1, 37, 2)
     MinuteDuration = Mid(strbuffer1, 40, 2)
     SecondDuration = Mid(strbuffer1, 43, 2)
     mSDuration = Mid(strbuffer1, 46, 2)
     TextRealTime.Text = Mid(strbuffer1, 1, 11)
     TextStartTime.Text = Mid(strbuffer1, 13, 11)
     TextStopTime.Text = Mid(strbuffer1, 25, 11)
     TextDurationTime.Text = Mid(strbuffer1, 37, 11)


End Sub
```

```
Private Sub Timer4_Timer()
      Timer3.Interval = 1000
      Timer3.Enabled = True
End Sub

Private Sub Timer5_Timer()
sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = "Present Time : " & Format(Now,
"hh:nn:ss")
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
      Select Case Button.Key

      Case "Comport1"
      FormCommPort.Show

      Case "Start1"
            Timer1.Interval = 250
            Timer1.Enabled = True
            Timer2.Enabled = True
            Timer3.Interval = 1000
            Timer4.Enabled = True
            Timer5.Enabled = False

            sbrStatus.Panels("Status").Text = "Status : " & "Connecting"
            sbrStatus.Panels("Settings").Text = "Port Settings : Port No.:" &
MSComm1.CommPort & " , Speed : " & MSComm1.Settings

            StartTime = Now
```

```
            sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = "Connect Time : " &
Format(Now - StartTime, "hh:nn:ss") & " "

            Toolbar1.Buttons("Start1").Enabled = False
            Toolbar1.Buttons("Comport1").Enabled = False
            Toolbar1.Buttons("Stop1").Enabled = True

    ShapeCircle1.Visible = True
    ShapeCircle2.Visible = True
    ShapeCircle3.Visible = True
    ShapeCircle4.Visible = True

         Shape1.Visible = True
         Shape2.Visible = True

          Line1.Visible = True
          Line2.Visible = False
          Line3.Visible = False
          Line4.Visible = False

      LabelCStart.Visible = True
       LabelCStop.Visible = True
            Line5.Visible = True

       Case "Stop1"
    ShapeCircle1.Visible = Fals
    ShapeCircle2.Visible = True
    ShapeCircle3.Visible = False
    ShapeCircle4.Visible = False
```

```
ShapeCircle2.FillColor = &H8080FF

        Shape1.Visible = False
        Shape2.Visible = False

         Line1.Visible = False
         Line2.Visible = True
         Line3.Visible = False
         Line4.Visible = False

   LabelCStart.Visible = False
    LabelCStop.Visible = False
         Line5.Visible = False

     TextRealTime.Text = "00:00:00:00"
    TextStartTime.Text = "00:00:00:00"
     TextStopTime.Text = "00:00:00:00"
TextDurationTime.Text = "00:00:00:00"

        Timer1.Enabled = False
        Timer2.Enabled = False
        Timer3.Enabled = False
        Timer4.Enabled = False
        Timer5.Enabled = True
      MSComm1.PortOpen = False
           sbrStatus.Panels("Status").Text = "Status : " & "Disconnect"
           sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = ""
           sbrStatus.Panels("ConnectTime").Text = "Present Time : " &
```

```
Format(Now, "hh:nn:ss")

            Toolbar1.Buttons("Start1").Enabled = True
            Toolbar1.Buttons("Comport1").Enabled = True
            Toolbar1.Buttons("Stop1").Enabled = False

      Case "Exit1"
      Unload Me

      End Select
End Sub
```

คำสั่ง โปรแกรม Scilab

คำสั่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยวงกลม (h) กับ คาบ (T)

```
Startup execution:
 loading initial environment
-->x=[0.01,0.03,0.05,0.08,0.10,0.11,0.13,0.17,0.18,0.19,0.20]'
x  =
   0.01
   0.03
   0.05
   0.08
   0.1
   0.11
   0.13
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->y=[0.18,0.37,0.46,0.59,0.66,0.69,0.71,0.78,0.82,0.85,0.93]'
y  =
   0.18
   0.37
   0.46
   0.59
   0.66
   0.69
   0.71
   0.78
   0.82
   0.85
   0.93

-->plot2d(x,y,-2)

-->xgrid(1)
```

```
-->X=[x.^2 x ones(x)]
 X  =
    0.0001    0.01    1.
    0.0009    0.03    1.
    0.0025    0.05    1.
    0.0064    0.08    1.
    0.01       0.1    1.
    0.0121    0.11    1.
    0.0169    0.13    1.
    0.0289    0.17    1.
    0.0324    0.18    1.
    0.0361    0.19    1.
    0.04       0.2    1.


-->a=X\y
 a  =
  - 13.058515
    6.1170752
    0.1660416


-->xx=[0:0.01:0.20]'
 xx  =
    0.
    0.01
    0.02
    0.03
    0.04
    0.05
    0.06
    0.07
    0.08
    0.09
    0.1
    0.11
    0.12
    0.13
    0.14
    0.15
    0.16
    0.17
    0.18
    0.19
    0.2
```

```
-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
yy  =

   0.1660416
   0.2259065
   0.2831597
   0.3378012
   0.3898310
   0.4392490
   0.4860554
   0.5302501
   0.5718331
   0.6108044
   0.6471639
   0.6809118
   0.7120480
   0.7405725
   0.7664852
   0.7897863
   0.8104756
   0.8285533
   0.8440192
   0.8568735
   0.8671160


-->plot2d(xx,yy)

-->y2=a(1)*x.^2+a(2)*x+a(3)
y2  =

   0.2259065
   0.3378012
   0.4392490
   0.5718331
   0.6471639
   0.6809118
   0.7405725
   0.8285533
   0.8440192
   0.8568735
   0.8671160
```

```
-->y-y2
 ans  =

 - 0.0459065
   0.0321988
   0.0207510
   0.0181669
   0.0128361
   0.0090882
 - 0.0305725
 - 0.0485533
 - 0.0240192
 - 0.0068735
   0.0628840


-->(y-y2)^2
 ans  =

   0.0021074
   0.0010368
   0.0004306
   0.0003300
   0.0001648
   0.0000826
   0.0009347
   0.0023574
   0.0005769
   0.0000472
   0.0039544


-->sum((y-y2)^2)
 ans  =

   0.0120228
```

คำสั่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยวงกลม (h) กับ คาบกำลังสอง (T^2)

```
Startup execution:
 loading initial environment

-->x=[0.01,0.03,0.05,0.08,0.10,0.11,0.13,0.17,0.18,0.19,0.20]'
 x  =

   0.01
   0.03
   0.05
   0.08
   0.1
   0.11
   0.13
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2


-->y=[0.18,0.37,0.46,0.59,0.66,0.69,0.71,0.78,0.82,0.85,0.93]'
 y  =

   0.18
   0.37
   0.46
   0.59
   0.66
   0.69
   0.71
   0.78
   0.82
   0.85
   0.93


-->t=y^2
 t  =

   0.0324
   0.1369
   0.2116
   0.3481
   0.4356
   0.4761
```

```
  0.5041
  0.6084
  0.6724
  0.7225
  0.8649

-->plot2d(x,t,-2)

-->xgrid(1)


-->X=[x ones(x)]
 X  =

  0.01   1.
  0.03   1.
  0.05   1.
  0.08   1.
  0.1    1.
  0.11   1.
  0.13   1.
  0.17   1.
  0.18   1.
  0.19   1.
  0.2    1.


-->a=X\t
 a  =

  3.8273788
  0.0207979

-->xx=[0:0.01:0.20]'
 xx  =

  0.
  0.01
  0.02
  0.03
  0.04
  0.05
  0.06
  0.07
  0.08
  0.09
  0.1
```

```
  0.11
  0.12
  0.13
  0.14
  0.15
  0.16
  0.17
  0.18
  0.19
  0.2


-->yy=a(1)*xx+a(2)
 yy  =

  0.0207979
  0.0590717
  0.0973454
  0.1356192
  0.1738930
  0.2121668
  0.2504406
  0.2887144
  0.3269882
  0.3652620
  0.4035357
  0.4418095
  0.4800833
  0.5183571
  0.5566309
  0.5949047
  0.6331785
  0.6714523
  0.7097260
  0.7479998
  0.7862736

-->plot2d(xx,yy)



-->y2=a(1)*x+a(2)
 y2  =

  0.0590717
  0.1356192
```

```
   0.2121668
   0.3269882
   0.4035357
   0.4418095
   0.5183571
   0.6714523
   0.7097260
   0.7479998
   0.7862736

-->t-y2
 ans  =

 - 0.0266717
   0.0012808
 - 0.0005668
   0.0211118
   0.0320643
   0.0342905
 - 0.0142571
 - 0.0630523
 - 0.0373260
 - 0.0254998
   0.0786264

-->(t-y2)^2
 ans  =

   0.0007114
   0.0000016
   0.0000003
   0.0004457
   0.0010281
   0.0011758
   0.0002033
   0.0039756
   0.0013932
   0.0006502
   0.0061821

-->sum((t-y2)^2)
 ans  =

   0. 0143031
```

คำสั่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยวงกลม (h) กับ คาบ (T)

ได้จากทฤษฎีและจากการทดลอง

```
Startup execution:
 loading initial environment

-->x=[0.01,0.03,0.05,0.08,0.10,0.11,0.13,0.17,0.18,0.19,0.20]'
 x  =

   0.01
   0.03
   0.05
   0.08
   0.1
   0.11
   0.13
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->y=[0.18,0.37,0.46,0.59,0.66,0.69,0.71,0.78,0.82,0.85,0.93]'
 y  =

   0.18
   0.37
   0.46
   0.59
   0.66
   0.69
   0.71
   0.78
   0.82
   0.85
   0.93

-->X=[x.^2 x ones(x)]
 X  =

   0.0001   0.01   1.
   0.0009   0.03   1.
   0.0025   0.05   1.
   0.0064   0.08   1.
   0.01     0.1    1.
   0.0121   0.11   1.
```

```
   0.0169   0.13   1.
   0.0289   0.17   1.
   0.0324   0.18   1.
   0.0361   0.19   1.
   0.04     0.2    1.

-->a=X\y
 a  =

 - 13.058515
   6.1170752
   0.1660416

-->xx=[0:0.01:0.20]'
 xx  =

   0.
   0.01
   0.02
   0.03
   0.04
   0.05
   0.06
   0.07
   0.08
   0.09
   0.1
   0.11
   0.12
   0.13
   0.14
   0.15
   0.16
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
 yy  =

   0.1660416
   0.2259065
   0.2831597
   0.3378012
   0.3898310
   0.4392490
```

```
   0.4860554
   0.5302501
   0.5718331
   0.6108044
   0.6471639
   0.6809118
   0.7120480
   0.7405725
   0.7664852
   0.7897863
   0.8104756
   0.8285533
   0.8440192
   0.8568735
   0.8671160

-->plot2d(xx,yy)

-->xgrid(1)


-->y2=a(1)*x.^2+a(2)*x+a(3)
 y2  =

   0.2259065
   0.3378012
   0.4392490
   0.5718331
   0.6471639
   0.6809118
   0.7405725
   0.8285533
   0.8440192
   0.8568735
   0.8671160

-->sum((y-y2)^2)
 ans  =

   0.0120228

-->h=[0:0.001:0.20];

-->T=2*%pi*sqrt(h/9.7814);

-->plot2d(h,T,5)
```

คำสั่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของกรวยวงกลม (h) กับ คาบกำลังสอง (T^2)

ได้จากทฤษฎีและการทดลอง

```
Startup execution:
 loading initial environment

-->x=[0.01,0.03,0.05,0.08,0.10,0.11,0.13,0.17,0.18,0.19,0.20]'
 x  =

   0.01
   0.03
   0.05
   0.08
   0.1
   0.11
   0.13
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->t=[0.03,0.13,0.21,0.34,0.44,0.47,0.51,0.61,0.67,0.73,0.86]'
 t  =

   0.03
   0.13
   0.21
   0.34
   0.44
   0.47
   0.51
   0.61
   0.67
   0.73
   0.86

-->X=[x ones(x)]
 X  =

   0.01    1.
   0.03    1.
   0.05    1.
   0.08    1.
   0.1     1.
   0.11    1.
```

```
   0.13    1.
   0.17    1.
   0.18    1.
   0.19    1.
   0.2     1.

-->a=X\t
 a  =

   3.8576417
   0.0161771

-->xx=[0:0.01:0.20]'
 xx  =

   0.
   0.01
   0.02
   0.03
   0.04
   0.05
   0.06
   0.07
   0.08
   0.09
   0.1
   0.11
   0.12
   0.13
   0.14
   0.15
   0.16
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->yy=a(1)*xx+a(2)
 yy  =

   0.0161771
   0.0547535
   0.0933299
   0.1319063
   0.1704827
   0.2090592
   0.2476356
```

```
  0.286212
  0.3247884
  0.3633648
  0.4019412
  0.4405177
  0.4790941
  0.5176705
  0.5562469
  0.5948233
  0.6333998
  0.6719762
  0.7105526
  0.7491290
  0.7877054

-->plot2d(xx,yy)

-->xgrid(1)

-->y2=a(1)*x+a(2)
 y2  =

  0.0547535
  0.1319063
  0.2090592
  0.3247884
  0.4019412
  0.4405177
  0.5176705
  0.6719762
  0.7105526
  0.7491290
  0.7877054

-->sum((t-y2)^2)
 ans  =

  0.0143031

-->h=[0:0.001:0.20];

-->s=2*%pi*sqrt(h/9.7814);

-->T=s^2;


-->plot2d(h,T,5)
```

คำสั่งหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (g) จากผลการทดลอง

```
Startup execution:
 loading initial environment

-->x=[0.01,0.03,0.05,0.08,0.10,0.11,0.13,0.17,0.18,0.19,0.20]'
 x  =

   0.01
   0.03
   0.05
   0.08
   0.1
   0.11
   0.13
   0.17
   0.18
   0.19
   0.2

-->t=[0.03,0.13,0.21,0.34,0.44,0.47,0.51,0.61,0.67,0.73,0.86]'
 t  =

   0.03
   0.13
   0.21
   0.34
   0.44
   0.47
   0.51
   0.61
   0.67
   0.73
   0.86

-->X=[x ones(x)]
 X  =

   0.01   1.
   0.03   1.
   0.05   1.
   0.08   1.
   0.1    1.
   0.11   1.
   0.13   1.
   0.17   1.
```

```
  0.18    1.
  0.19    1.
  0.2     1.
-->a=X\t
a  =

  3.8576417
  0.0161771


-->g=(4*%pi^2)/a
g  =

  10.233822    0.

-->gg=((g-9.7814)/9.7814)*100
gg  =

  4.6253262  - 100.
```

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล นางศิริพร รัตนพันธ์

วัน เดือน ปีเกิด 16 ตุลาคม 2513

สถานที่เกิด อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 122/212 ถนนนครศรีฯ-ทุ่งสง ตำบลนาพรุ
อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู ชำนาญการ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคใต้
อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2528	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกรุงหยันวิทยาคาร อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2531	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2536	กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2555	วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช