

**การพัฒนาอุปกรณ์ใช้ในห้องปฏิบัติการ
เพื่อติดตามการตกอิสระของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริก**

**Development of Experimental Equipment
for Observation the Freefall Action by Piezoelectric Device**

ดิเรก บุญธรรม, สันติภาพ สระบัว, อภิชาติ พงษ์พลา, อุดมเดช ภัคดี และชุตินา อุปถัมภ์*

สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ถนนนางลิ้นจี่ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

**Direk Boontham, Santipap Sabour, Aphichard Pongphala, Udomdej Pakdee
and Chutima Oopathump***

Division of Physics, Department of Science, Faculty of Science and Technology,

Rajamangala University of Technology Krungthep, Nang Linchi Road, Sathon, Bangkok 10120

บทคัดย่อ

เพื่อสนองนโยบายเศรษฐกิจพอเพียง เป็นเหตุผลของการศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระ ซึ่งมีการศึกษาและนำไปใช้ทดลองสอนกับนักศึกษาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เริ่มจากการนำเทคนิคไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้คู่กับการออกแบบ โดยใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนแทนการใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบแสง ซึ่งพบว่าข้อดีของตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบตรวจจับการสั่นสะเทือนดีกว่าตัวตรวจจับแบบแสงในแง่ของความเที่ยงตรงและความแม่นยำของการทดลอง นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพพบว่าคุณสมบัติที่ได้จากการพัฒนาโดยใช้ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือนชุดใหม่นี้ ง่ายต่อการวัดทำให้ได้ค่าของระยะทางที่มีความผิดพลาดน้อยกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ตัวตรวจจับแบบแสง

คำสำคัญ : การตกอิสระ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ตัวตรวจจับแบบเพียโซอิเล็กทริก

Abstract

The experimental equipment, from Sufficiency Economy, freefall, is developed. The equipment was studied and tested by the student of the Rajamangala University of Technology Krungthep. The microcontroller was used with piezoelectric sensor which detected the vibration. The piezoelectric sensor which is replaced light

sensor has more efficiency in detection of movement objects and has high accuracy and precision for experiment. The result from the student after using equipment was showed that the new equipment is easy measurement and gave less error results.

Keywords: freefall, microcontroller, piezoelectric sensor

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์การทดลองในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานส่วนใหญ่ นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งแต่ละชิ้นมีราคาแพง ประกอบกับความรู้เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน ทำให้มีแนวคิดสร้างอุปกรณ์การทดลองในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานขึ้นเริ่มต้นโดยใช้อุปกรณ์ที่ง่ายต่อการสร้างและหาได้ภายในประเทศ เพื่อตอบสนองต่อนโยบายเศรษฐกิจพอเพียง การศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์โดยหาข้อผิดพลาดต่างๆ จากการนำอุปกรณ์ต้นแบบไปใช้สอนจริงในห้องปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้อุปกรณ์การทดลองที่ดีที่สุด เริ่มต้นการพัฒนาอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระ เนื่องจากการทดลองที่มีโครงสร้างของเครื่องมือที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด ซึ่งการทดลองเรื่องการตกอิสระนี้เป็นการทดลองที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในแนวตั้งแบบความเร่งคงที่ โดยเงื่อนไขของการทดลองคือกำหนดให้ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่ที่มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับระยะกระจัด จะสามารถนำไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัด เวลา และความเร่งจากสมการ $s = v_0t + 0.5gt^2$ โดยที่ s คือระยะกระจัด v_0 คือความเร็วเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเป็นศูนย์ และ t คือเวลาของการเคลื่อนที่ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะ

กระจัดกับเวลากำกำลังสองจะได้กราฟเส้นตรง ค่าความชันที่ได้คือค่า $0.5g$ นำไปคำนวณหาค่า g ซึ่งจะได้ค่า g จากการทดลอง [1]

ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลองหาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนของค่า g [2] จากทฤษฎีดังกล่าวมาข้างต้น มีหลายบริษัทที่ขายอุปกรณ์การทดลอง พัฒนาอุปกรณ์เพื่อจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเทียบกับระยะกระจัด โดยมุ่งเน้นในด้านความแม่นยำของการจับเวลา ซึ่งตัวที่นำมาช่วยในการจับเวลาคือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีส่วนประกอบที่เหมือนคอมพิวเตอร์คือหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ ส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และหน่วยแสดงผล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ติดต่อกับตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และนำข้อมูลที่ได้ออกมาประมวลผลและแสดงข้อมูลของเวลาของการเคลื่อนที่ออกทางหน้าจอ

ในปัจจุบันมีการศึกษาการหาวิธีศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบการตกอิสระในหลายรูปแบบคือ การใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่แบบประตูแสง (photogate) นอกจากนี้ยังมีการใช้เสียงด้วย โดยใช้วิธีตัวตรวจจับเสียงของวัตถุขณะปล่อยพร้อมกับจับเวลาเวลาจะหยุดเมื่อวัตถุกระทบพื้นและตัวตรวจจับเสียงตรวจวัดได้ ซึ่งพบว่ามีค่าความแม่นยำและความถูกต้องค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วิธีตรวจจับการเคลื่อนที่ด้วยแสง [4] นอกจากนี้ยังมีบริษัทปาสโก้

(Pasco) ซึ่งเป็นบริษัทต่างประเทศใช้แผ่น receptor ad มาใช้เป็นตัวตรวจจับการตกของวัตถุอีกด้วย [2]

จากความรู้เรื่องตัวตรวจวัดแบบเปียโซอิเล็กทริก คือเมื่อมีแรงมากกดทับบนตัวตรวจวัด มันจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่เกิดจากการกดทับนั้นไปเป็นพลังงานไฟฟ้า [5] ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของความคิดที่จะนำมาใช้เป็นตัวตรวจวัดการตกของวัตถุ คือเมื่อวัตถุตกกระทบแผ่นเปียโซอิเล็กทริก มันจะส่งกระแสไฟฟ้าออกมาทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าวัตถุตกถึงพื้นแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลออกมาเป็นค่าของเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ได้รับความนิยมที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ การตรวจจับการตกของวัตถุแบบใช้แสง เนื่องจากข้อเสียของวิธีตรวจวัดการตกของวัตถุแบบใช้แสงนั้น คือจากคุณสมบัติของแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรง ดังนั้นวัตถุที่ตกมาต้องอยู่ในวิถีทางเดินของแสง เพื่อที่จะตัดแสงทำให้ตัวรับแสงไม่สามารถรับแสงได้ ขณะหนึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่าวัตถุได้ตกถึงพื้นแล้วและจึงทำการประมวลผลในที่สุด ซึ่งถ้าวิถีการตกของวัตถุไม่อยู่ในแนวทางเดินของแสงแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ไม่สามารถทำงานได้ วิธีตรวจจับการตกของวัตถุแบบใช้ตัวตรวจวัดแบบเปียโซอิเล็กทริกนี้ไม่ต้องกังวลเรื่องแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ จึงทำให้ได้ข้อมูลของเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุทุกครั้งที่ทำาทดลอง และง่ายต่อการวัดระยะกระจัดของการเคลื่อนที่ เพราะเป็นการวัดจากวัตถุถึงพื้นโดยตรง แตกต่างจากวิธีตรวจวัดการตกของวัตถุด้วยแสงเพราะจะต้องวัดระยะกระจัดจากวัตถุถึงแนวทางการเคลื่อนที่ของแสง

หลักการของการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระแบบใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก คือ ประยุกต์นำอิเล็กโตแม็กเน

ติกคอยล์จากรีเลย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ไฟฟ้า เมื่อให้กระแสแก่ขั้วของรีเลย์ จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคู่ขั้ววัตถุที่จะทำการทดลอง ซึ่งในที่นี้เป็นโลหะทรงกลม และเมื่อตัดกระแส สนามแม่เหล็กจะหายไปทำให้วัตถุตกลงมาได้ ซึ่งเมื่อตัดกระแสที่รีเลย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้และเริ่มจับเวลา หลังจากนั้นเมื่อวัตถุตกถึงพื้นสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับแบบเปียโซอิเล็กทริกจะส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดเวลาและแสดงให้เห็นทางหน้าจอ

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นที่มาของการพัฒนาอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระของวัตถุ โดยใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

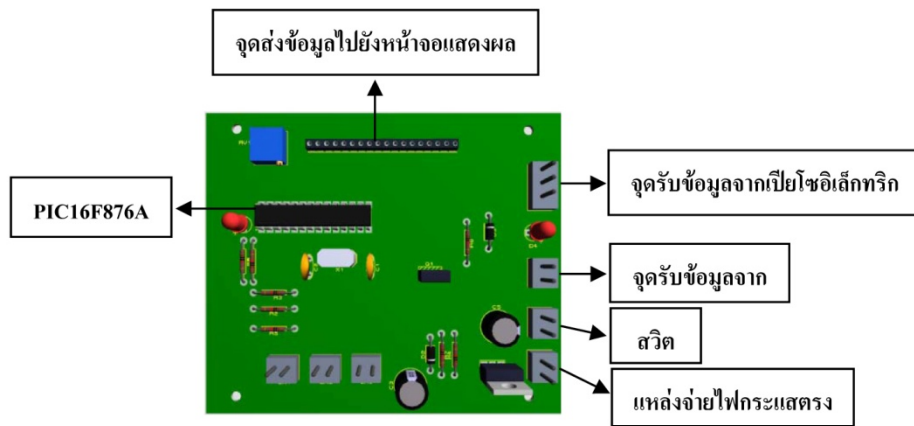
อุปกรณ์ประกอบด้วย รีเลย์ขนาด 5 V ทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยวัตถุ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876A ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและแสดงให้เห็นจากหน้าจอ มีความถี่ในการทำงาน 20 MHz ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 5V สำหรับปฏิบัติงานดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากนี้ยังประกอบด้วยตัวตรวจวัดการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก รุ่น 94S4120 ปฏิบัติงานในช่วงความต่างศักย์ 3-28 V ผลิตความต่างศักย์ได้ไม่เกิน 12 V และผลิตกระแสสูงสุด 10 mA ทำงานได้ในช่วงของอุณหภูมิ -20 - 60°C โดยใช้แทนยัดวัตถุแบบเลื่อนได้เป็นตัวเปลี่ยนระยะกระจัด อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเป็นดังรูปที่ 2

วิธีการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระคือเชื่อมสายสัญญาณออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์กับรีเลย์เพื่อเป็นตัวสั่งให้เริ่มการทำงาน ส่วนของตัวสั่งให้หยุดการทำงานคือสัญญาณจากตัวตรวจวัด

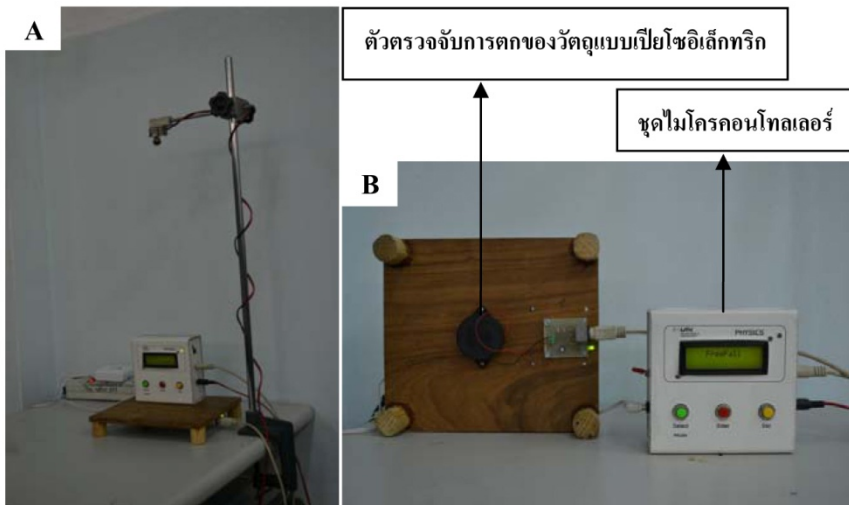
การตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริกซึ่งจะส่งเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานทั้งหมดนั้นทำงานภายใต้การสั่งที่โปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาที่ใช้ในการสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์คือภาษาซี กระบวนการการทำงานของอุปกรณ์ติดตามการตกอิสระของวัตถุนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3

วิธีการทดลองสำหรับนักศึกษาคือนำวัตถุมานติดกับรีเลย์ จากนั้นกดปุ่มเปิดวัตถุจะตกลงมาพร้อมๆ

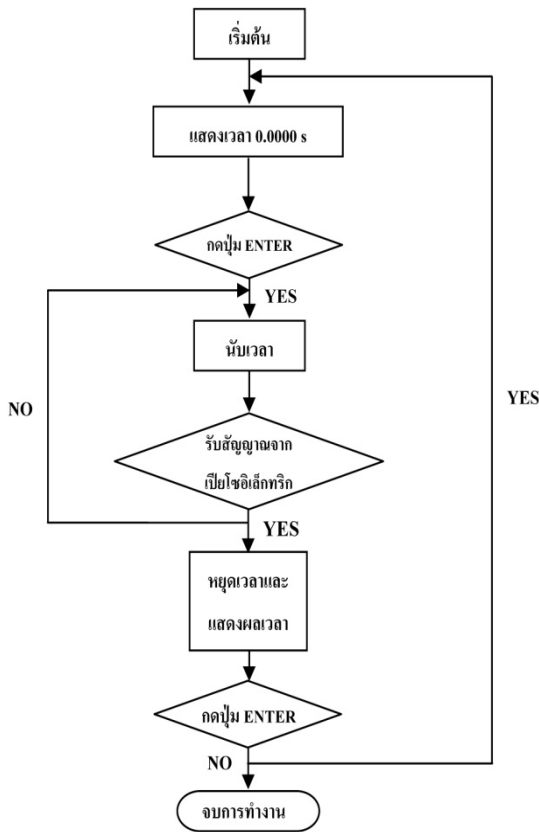
กับนาฬิกาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มจับเวลา เมื่อวัตถุตกถึงพื้นนาฬิกาจะหยุด หลังจากนั้นทำการบันทึกค่าของเวลาของการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผล และบันทึกระยะเวลากระจัดของวัตถุ เปลี่ยนระยะเวลากระจัดสำหรับการทดลองอีก 5 ระยะ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่า g จากความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดกับเวลา และเปรียบเทียบค่า g ที่ได้กับค่าจริงเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง



รูปที่ 1 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876A



รูปที่ 2 อุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระ 1 (A) โครงสร้างทั้งหมดของอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระ (B) ไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบเปียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 3 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ติดตามการตกอิสระของวัตถุ

นำข้อมูลผลการทดลองที่ได้ (g) จากการนำไปใช้จริงกับนักศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ภาคการศึกษาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าจริงเพื่อหาค่าความผิดพลาด และวิเคราะห์หาความเที่ยงของเครื่องมือเพื่อนำมาสรุปถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์การทดลองที่ได้พัฒนาขึ้น

3. ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองจากการนำอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระที่ใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบ Piezoอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้จริงกับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โดย

ตัวอย่างผลการทดลองจากนักศึกษาแสดงให้เห็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการทดลองของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ระยะ กระจัด y (cm)	เวลา (s)				t_{av}^2 (s ²)	g (m/s ²)
	t_1	t_2	t_3	t_{av}		
50	0.3159	0.3148	0.3161	0.3156	0.099	10.101
40	0.2843	0.2819	0.2811	0.2824	0.079	10.126
30	0.2476	0.2469	0.2467	0.2470	0.069	9.836
20	0.1990	0.1996	0.1997	0.1994	0.039	10.256
10	0.1412	0.1423	0.1424	0.1419	0.020	10.000

ตัวอย่างแสดงผลการทดลองของนักศึกษาพบว่าค่า g เฉลี่ยที่ได้มีค่า 10.060 m/s² นำข้อมูลจากนักศึกษามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดกับเวลา ยกกำลังสองได้ดังรูปที่ 5

เมื่อนำค่าความชันมาคำนวณหาค่า g จากสมการ $s = 0.5gt^2$ จะได้ค่า g มีค่าเท่ากับ 9.82 m/s²

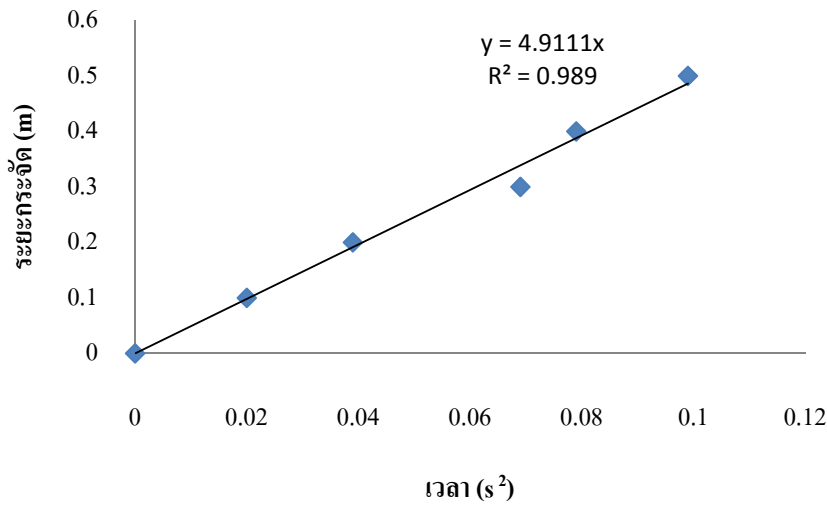
จากการนำอุปกรณ์ติดตามการตกอิสระของวัตถุไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน 1 จำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3 คน พบว่าค่า g ที่ได้มีค่าเฉลี่ย 9.72 ± 0.20 m/s² และผลการทดลองที่ได้ค่อนข้างมีความเที่ยงสูงดังแสดงจากรูปที่ 6 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่า g ที่ได้จากการทดลองของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม

เปรียบเทียบค่า g เฉลี่ยจากผลการทดลองของนักศึกษากับค่าจริงที่ได้จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ [National institute of metrology (Thailand)] เป็นค่าที่วัดหาค่า g ที่กรุงเทพฯ มีค่าคือ 9.78297 m/s² พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อน 0.61 % ซึ่งมีค่าความ

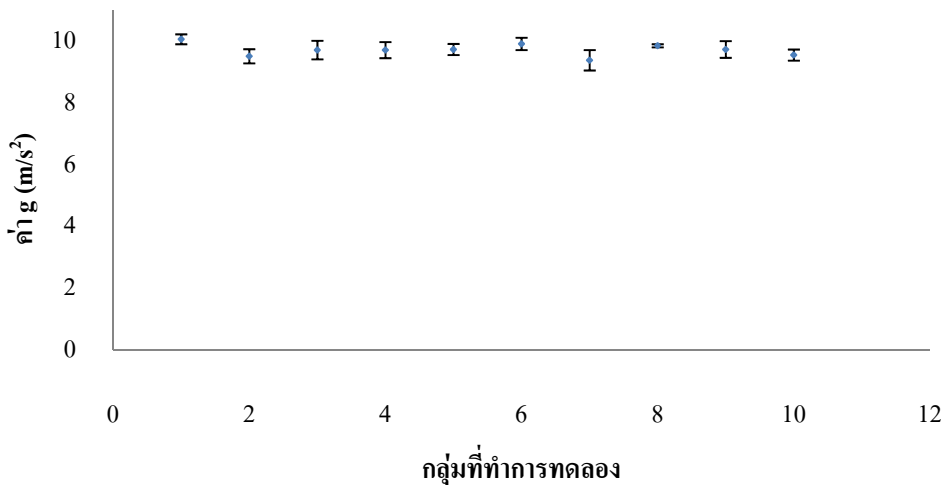
คลาดเคลื่อนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการทดลองในระดับอุดมศึกษา

การเปรียบเทียบผลการทดลองของนักศึกษาที่ใช้อุปกรณ์การทดลองการตกอิสระแบบตรวจจับการตกด้วยแสงกับการตรวจจับการตกด้วยตัวตรวจจับแบบเปียโซอิเล็กทริก พบว่านักศึกษาที่ใช้อุปกรณ์การทดลองแบบตัวตรวจจับการตกแบบเปีย

โซอิเล็กทริก ใช้เวลาในการทดลองน้อยกว่านักศึกษาที่ใช้อุปกรณ์การทดลองแบบตรวจจับการตกของวัตถุแบบใช้แสงมาก นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่ามากด้วย โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้อุปกรณ์การทดลองแบบการตรวจจับการตกของวัตถุแบบใช้แสงนั้นมีค่าอยู่ประมาณ 12.28 %



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดกับเวลายกกำลังสอง



รูปที่ 6 ผลการทดลองของนักศึกษาจำนวน 30 คน จำนวน 10 กลุ่ม

สำหรับการสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระนี้ใช้เงินไปทั้งสิ้นประมาณ 1,000 บาท ซึ่งถูกกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศมาก ตัวอย่าง เช่น อุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระของบริษัท Philip Harris ราคาขายรวมภาษี 3,863 บาท บริษัท Gammaco ขายในราคา 19,800 บาท ซึ่งจากราคาขายของบริษัทในต่างประเทศที่ยกตัวอย่างมานี้แสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้มีราคาถูกกว่า แต่มีประสิทธิภาพเหมือนกับที่ขายในต่างประเทศ เพื่อความถูกต้องของการทดลองมากขึ้นในอนาคตจะมีการนำอัลตราโซนิกมาประยุกต์เป็นอุปกรณ์การวัดระยะกระจัด เพราะค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากการวัดระยะกระจัดโดยใช้ไม้เมตรซึ่งมีความละเอียดน้อยมาก

4. สรุป

จากผลการทดลองที่ได้จากนักศึกษาพบว่า อุปกรณ์การทดลองเรื่องการตกอิสระที่สร้างขึ้นโดยใช้ตัวตรวจจับการตกของวัตถุแบบ Piezo-electric นั้น ให้ค่าที่มีความถูกต้องและมีความแม่นยำค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่แบบใช้แสง และใช้เวลาสำหรับการทดลองน้อยกว่าด้วย นอกจากนี้ยังสามารถทำให้นักศึกษาได้มีความ

เข้าใจในเรื่องการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นด้วย สังเกตได้จากสรุปผลการทดลองของนักศึกษา และยังเป็นการสร้างอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในการเรียนการสอนเอง โดยไม่ต้องซื้ออุปกรณ์จากต่างประเทศ เป็นการสนองนโยบายเศรษฐกิจพอเพียงอีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Oliver, W.R. and Pirie, J., 1996, Measurement of g by free fall, Phys. Educ. 4: 49-51.
- [2] อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์, 2554, คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 สำหรับวิศวกร, น. 33-38, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, กรุงเทพฯ.
- [3] White, J.A., Medina, A., Roman, F.L. and Velasco, S., 2007, A measurement of g listening to falling balls, The Physics Teacher 45: 175-177.
- [4] PASCO scientific, 1995, Freefall Adapter, Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-9207B.
- [5] Zhang , Y., Liu, Y. and Wang, Z.L., 2011, Fundamental theory of piezotronics, Adv. Mater. 23: 3004-3013.