วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Journal of Roi Et Rajabhat University: Science and Technology

พัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม
Development of a Simple Projectile Motion Experiment Set from an Aluminum Tube

[1]สหัสษา พีงาม, [2]ภูริต ควินรัมย์, [2]ยุทธพันธ์ คำวัน, [2]สรรเพชญ นิลผาย, [2]*ภาสกร เดชโค้น
[1]Sahussa Peengam, [2]Phurit Quinram, [2]Yuttapun Chamwum,
[2]Sanpet Nilphai, [2]*Patsakorn Detkhon
[1]สาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์
มหาวิทยาลัยปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี 12000
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
[1]Division of Basic and Medical Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University, Pathum Thani 12000, Thailand
[2]Program in Physics, Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi Et Rajabhat University, Roi Et
*ผู้นิพนธ์หลัก: Patsakorn1204@gmail.com
*Corresponding author: Patsakorn1204@gmail.com

Received 18 November, 2024; Revised: 18 December, 2024; Accepted: 19 December 2024.

Abstract

Projectile motion is an important topic in physics, but the experimental tools for studying it are often quite expensive. Therefore, developing a simple projectile motion experiment setup is highly significant. The objective of this research was to develop a simple projectile motion experiment using an aluminum tube and to test the performance of the newly developed experimental setup. This research utilized aluminum tubes, which were designed to allow for multiple firing angle adjustments and height adjustments, enabling the study of projectile motion and parabolic trajectories. The performance testing of the simple projectile motion setup involved determining the spring constant used for firing and measuring the initial velocity of the projectile as it exited the tube. The test results showed that the average spring constant was 128.28 ± 0.006 N/m. The initial velocity of the projectile measured at the tube's exit was an average of 2.32 ± 0.01 m/s and 3.83 ± 0.02 m/s, respectively. When adjusting the force of firing at the same height, the horizontal distance traveled by the projectile increased.

This experimental setup allowed for precise adjustments of the firing position and was more cost-effective than standard experimental setups available in the market. The results of this research highlight the development of an effective, cost-efficient projectile motion experiment tool, which can enhance physics teaching and learning in educational institutions.

Keywords: Projectile motion; Projectile motion experiment set; Aluminum pipe

บทคัดย่อ

การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์เป็นเนื้อหาที่สำคัญทางฟิสิกส์ซึ่งเครื่องมือทดลองมีราคาค่อนข้างสูง การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจึงมีความสำคัญอย่างมาก การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียมและทดสอบสรรถนะของชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ที่ผลิตขึ้น การวิจัยครั้งนี้ใช้ท่ออลูมิเนียมในการผลิตโดยพัฒนาให้มีคุณสมบัติการปรับตำแหน่งการยิงได้หลายระดับ และสามารถปรับระดับความสูงได้ สำหรับการศึกษาการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง การทดสอบสรรถนะของชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ทำการทดสอบโดยการหาค่าคงที่ของสปริงที่ใช้ในการยิงและหาความเร็วต้นของวัตถุที่เคลื่อนที่ออกจากปลายท่อ ผลการทดสอบพบว่าค่าคงที่ของสปริงเฉลี่ยเท่ากับ 128.28 $\pm$ 0.006 N/m และผลการทดสอบความเร็วต้นของวัตถุที่เคลื่อนที่ออกจากปลายท่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32$\pm$ 0.01 m/s และ 3.83 $\pm$ 0.02 m/s ตามลำดับ เมื่อทำการแปรค่าความแรงในการยิงที่ระดับความสูงเดียวกันระยะทางที่วัตถุตกในแนวระดับมีค่าเพิ่มขึ้น ชุดทดลองนี้สามารถปรับตำแหน่งการยิงได้อย่างแม่นยำและยังมีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าชุดทดลองมาตรฐานในท้องตลาด ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาเครื่องมือการทดลอง การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ที่มีประสิทธิภาพ คุ้มค่าในด้านต้นทุนและสามารถส่งเสริมการพัฒนาในสถานศึกษาที่จัดการเรียนการสอนทางฟิสิกส์ได้

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์; ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์; ท่ออลูมิเนียม

บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์เป็นหัวข้อสำคัญในวิชาฟิสิกส์ที่ช่วยให้นักเรียนและนักศึกษาเข้าใจหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ในวิถีโค้ง ซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงเดียว เช่น แรงโน้มถ่วง โดยการทดลองในลักษณะนี้สามารถช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในเรื่องของการเคลื่อนที่ทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่ง รวมถึงการคำนวณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง การศึกษาดังกล่าวยังเป็นการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการแก้ปัญหาจากการทดลอง ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในโลกปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ที่ใช้ในการศึกษามักจะมีราคาค่อนข้างสูง และไม่สามารถเข้าถึงได้ง่ายสำหรับสถานศึกษาหรือผู้เรียนที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ทำให้การศึกษาการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ในหลายๆ โรงเรียนหรือสถาบันการศึกษามีข้อจำกัดในด้านทรัพยากร ชุดทดลองที่มีราคาสูงนี้ไม่สามารถ

รองรับความต้องการของผู้เรียนจำนวนมากได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และการทดลอง ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการศึกษาฟิสิกส์ในระดับสูงสอดคล้องกับรายงานของ (Poonyawatpornkul & Luksameevanish, 2019)

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและในการพัฒนาอาชีพต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่ช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติและสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทำให้ชีวิตสะดวกขึ้น วิทยาศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อสังคม การศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์จึงไม่เพียงแต่เป็นการเรียนรู้ฟิสิกส์พื้นฐาน แต่ยังเป็นการส่งเสริมทักษะในการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีในการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Office of Academic Standards and Educational Quality, Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education. 2008.)

ในทิศทางเดียวกัน แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาและการใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการศึกษาในยุคที่เทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการมีชุดทดลองที่มีคุณภาพและสามารถเข้าถึงได้ง่ายจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาการศึกษาฟิสิกส์ในโรงเรียนและสถาบันการศึกษา (Kongraksa, 2014)

โดยทั่วไปแล้วเราจะมีการนำเข้าชุดทดลองฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานจากต่างประเทศและผลิตในประเทศที่มีราคาค่อนข้างสูง ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการกับการจัดการเรียนการสอนทางฟิสิกส์ ให้พอกับจำนวนของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนขาดสื่อและนวัตกรรม ขาดทักษะการเรียนรู้และการแก้ปัญหาจากการทดลอง นอกจากนี้ วิชาฟิสิกส์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Khambun, 2018)

เนื่องจากชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ชุดทดลองมาตรฐานมีราคาที่สูงมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาการพัฒนาและออกแบบชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์จากวัสดุที่มีราคาถูกตามชุดทดลองมาตรฐาน เพื่อที่ใช้ทดลองและศึกษาการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง สอดคล้องกับ (Parker, 1977) และ (Ruangbun & Wuttipromm, 2016) ต่อไป จากข้อมูลดังกล่าวการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายและเพื่อทดสอบสรรถนะของชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากวัสดุที่มีราคาถูก

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม และจากการสำรวจวัสดุสำหรับชุดท่อยิงของเครื่องโปรเจคไทล์ทำจากท่ออลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงและมีราคาถูก เป็นวัสดุที่หาได้ทั่วไปที่ทำจากท่ออลูมิเนียม เกรด 6061 หนา 0.007 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.032 m ปิดปลายท่อไว้ 1 ด้าน จากนั้นเจาะตำแหน่งล็อคระดับยิงกำหนดให้

แต่ละตำแหน่งห่างกัน 0.035 m ทั้งหมด 3 ระดับ และใส่สปริงแบบอัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 m ยาว 0.140 m พร้อมชุดแกนพลาสติกสำหรับแกนยิงด้านใน โดยให้ชุดท่อยิงของเครื่องโปรเจคไทล์ทำจากท่ออลูมิเนียมติดกับฐานด้านหลังที่ทำจากแผ่นอลูมิเนียม หนา 0.005 m ขนาด 0.19 x 0.13 m และติดไม้โปรแทรกเตอร์พลาสติก 180° ไว้ที่ฐานด้านล่างและเจาะรูตรงกลางเพื่อใช้เชือกที่ผูกติดกับมวล 0.05 kg ไว้บอกมุม ดัง Figure 1

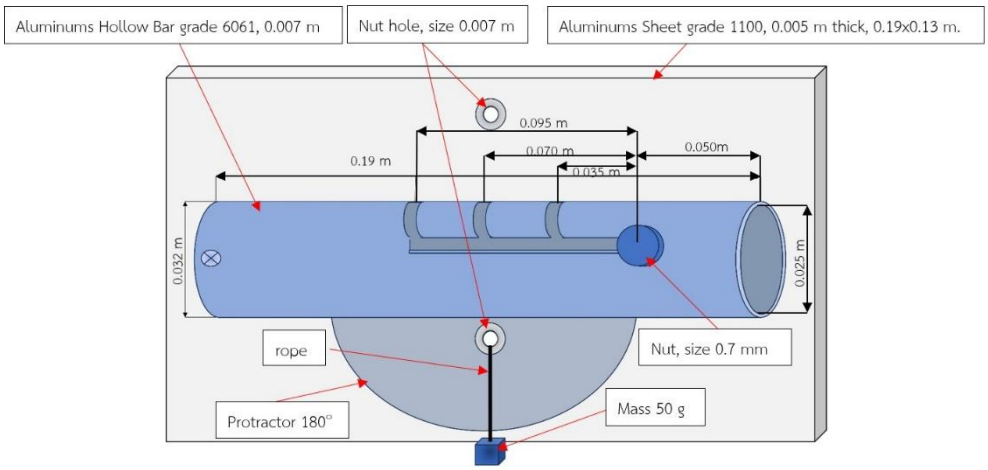


Figure 1 Demonstrating the structure of a simple projectile motion experiment setup using an aluminum tube.

การวัดสมรรถนะของชุดทดลองเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์จากท่ออลูมิเนียมเป็นการศึกษาการเคลื่อนวิถีโค้งที่ได้รับแรงจากสปริง สอดคล้องกับ โดยขั้นตอนแรกหาค่าคงที่ของสปริงจากความสัมพันธ์ของระยะยืดสปริงและแรงกดบนสปริง นอกจากนี้ยังมีการวัดหาความเร็วเริ่มต้นจากความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งยิงกับความสูงที่แตกต่างกันของชุดทดลอง และทำการเปรียบเทียบระยะทางของโปรเจคไทล์เคลื่อนที่กับมุมที่ยิงออกไป ดังนี้

การทดลองหาค่าคงที่ของสปริง (k) จากระยะยืดสปริง

1) จัดอุปกรณ์โดยนำสปริงแขวนที่ชุดขาตั้งแล้วบันทึกตำแหน่งของฐานรองตุ้มน้ำหนักเริ่มต้น (X_0) เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง

2) กำหนดตุ้มน้ำหนักใส่ลงในฐานรองตุ้มน้ำหนักครั้งละ 0.05 kg บันทึกตำแหน่งระยะที่สปริงยืดออก (X_1) และเพิ่มตุ้มน้ำหนักครั้งละ 0.05 kg ทำซ้ำอีก 10 ครั้ง จากนั้นคัดเลือกข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะยืดสปริงด้วยการตัดชุดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตออก โดยใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยของระยะยืดสปริงที่ต่ำกว่า 80 % ของค่าเฉลี่ยออกจากชุดข้อมูล

3) หาระยะยืดของสปริงที่ยืดออก จากการหาผลต่างของจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการยืดของสปริงแต่ละครั้ง คำนวณหาค่าคงที่ของสปริง (k) จากกฎของฮุค “แรงที่ต้องใช้ในการยืดหรือหดสปริงจะแปรผันตรงกับระยะทาง” กำหนดให้ F คือ แรงดึงกลับหรือแรงคืนตัว, k คือ ค่าคงที่สปริง และ

x คือ การกระจัดจากจุดสมดุล จากสมการ $F = kx$ มีความสอดคล้องกับ (Serway & Jewett 2008; Khambun, 2018)

การทดลองหาค่าคงที่ของสปริง (k) จากแรงกดสปริง

1) จัดอุปกรณ์โดยการวางสปริงบนเครื่องชั่งออกแรงกดสปริงจากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งล็อคของชุดเครื่องยิงโปรเจคไทล์ระดับที่ 1 ที่ระยะ 0.035 m แล้วทำการบันทึกค่าน้ำหนักที่เกิดจากการออกแรงกดสปริงและทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

2) จากนั้นเปลี่ยนตำแหน่งล็อคของชุดเครื่องยิงโปรเจคไทล์เป็นระดับที่ 2 ที่ระยะ 0.070 m และเป็นระดับที่ 3 ที่ระยะ 0.095 m ตามลำดับ การทดลองจะซ้ำ 10 ครั้งต่อการเปลี่ยนตำแหน่งและบันทึกผลการทดลอง

3) จากนั้นคัดเลือกข้อมูลค่าเฉลี่ยของแรงกดสปริงด้วยการตัดชุดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตออกโดยใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยของแรงกดสปริงที่ต่ำกว่า 80 % ของค่าเฉลี่ยออกจากชุดข้อมูล และคำนวณค่าคงที่ของสปริงจากแรงกดสปริงด้วยสมการข้างต้น

การทดลองหาความเร็วต้นของลูกกระสุนเคลื่อนที่ในแนวระดับออกจากปลายท่ออลูมิเนียม

การทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ในสนามแรงโน้มถ่วงของโลก

1) จัดอุปกรณ์ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม ให้อยู่ในแนวระนาบ โดยเริ่มต้นระยะความสูงในแนวดิ่ง (y) ที่ตำแหน่งกึ่งกลางบริเวณปลายท่ออลูมิเนียมถึงพื้นที่ระยะ 0.3 m แสดงดัง Figure 1

2) ดึงชุดล็อคของเครื่องยิงโปรเจคไทล์ระดับที่ 1 กดชุดยิงปล่อยสปริงที่แสดงดัง Figure 1 สังเกตจุดตกของลูกกระสุนในแถบกระดาษบนพื้น วัดระยะจากตำแหน่งเริ่มต้นจนถึงจุดตกของลูกกระสุนแล้วบันทึกระยะทางที่ได้ และทำการทดลองซ้ำอีก 10 ครั้ง จากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มความสูงจากเดิมครั้งละ 0.05 m จนกว่าความสูงในแนวดิ่งจะครบ 5 ตำแหน่ง

3) ทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนชุดของเครื่องยิงโปรเจคไทล์เป็นระดับที่ 2 โดยทำการจัดชุดทดลองและขั้นตอนการทดลองดังข้อที่ 1) และ 2) ตามลำดับ

4) จากนั้นคัดเลือกข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ด้วยการตัดชุดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตออก โดยใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยของระยะทางวัดได้ที่ต่ำกว่า 80 % ของค่าเฉลี่ยออกจากชุดข้อมูล

5) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับค่าเฉลี่ยของระยะที่วัดได้ยกกำลังสอง และคำนวณหาค่าความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุนที่ตกในแนวระดับ จากสมการ $\mathbf{v_0 = x\sqrt{\frac{2y}{g}}}$ มีความสอดคล้องกับเนื้อหาการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ (Serway & Jewett, 2008)

การทดลองการเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้จากการเปลี่ยนมุมยิงของลูกกระสุน

1) จัดอุปกรณ์ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม ให้ทำมุม 30° กับแนวระนาบ กำหนดให้ระยะเริ่มต้นมีความสูงในแนวดิ่ง (y) จากตำแหน่งกึ่งกลางบริเวณปลายท่ออลูมิเนียมถึงพื้นที่ระยะ 0.3 m

2) ดึงล็อคชุดยิงของเครื่องโปรเจคไทล์ระดับที่ 1 กดชุดปล่อยยิงสปริงที่แสดงดัง Figure 1 สังเกตจุดตกของลูกกระสุนบนพื้นแถบกระดาษ วัดระยะจากตำแหน่งเริ่มต้นจนถึงจุดตกของลูกกระสุน แล้วบันทึกระยะทางที่วัดได้ ทำการทดลองซ้ำอีก 10 ครั้ง และทำซ้ำโดยเพิ่มมุมของชุดทดลองครั้งละ 5° กับระนาบในแนวระดับที่ 35° 40° 45° และ 50°

3) จัดอุปกรณ์ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์มาตรฐานทั่วไป และทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1) และ2) ตามลำดับข้างต้น

4) เลือกข้อมูลจากค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ด้วยการตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตออก โดยใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ต่ำกว่า 80 % ของค่าเฉลี่ยระยะทางออกจากชุดข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการทดลองชุดการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียมในการหาค่าคงที่ของสปริง และความเร็วต้นของลูกกระสุนที่ผ่านปากท่ออลูมิเนียม จากการทดสอบสรรถนะความแม่นยำของชุดทดลองที่สร้าง เปรียบเทียบกับชุดทดลองมาตรฐานทั่วไป โดยการทดลองที่ระดับความสูงต่าง ๆ และมุมต่าง ๆ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองหาค่าคงที่ของสปริงจากระยะยืดสปริง

จาก Table 1 ผลการทดลองการหาค่าคงที่ของสปริงโดยวิธีการหาจากตำแหน่งระยะยืดสปริง ทำการทดลองโดยเปลี่ยนมวลในชุดทดลองจำนวน 5 ครั้ง เริ่มจากมวล 0.06 kg, 0.11 kg, 0.16 kg, 0.21 kg และ 0.26 kg พบว่าเมื่อมวลของชุดทดลองเพิ่มขึ้น ค่าการยืดของสปริงก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ (Khambun, 2018) ที่รายงานว่า แรงที่เกิดจากการดึงสปริงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมวลของวัตถุที่ถูกใช้ในการทดลอง และสามารถคำนวณหาค่าคงที่ของสปริงเฉลี่ยได้เท่ากับ 127.36 $\pm$ 0.0004 N/m

Table 1 The experimental results of the spring constant for the extension of the spring in the simple projectile motion experiment.

M	F	x (m)			x_{ave}	k	SD
(kg)	(N)	1	2	3	(m)	(N/m)	
0.06	0.588	0.0045	0.0045	0.0050	0.005	126.00	0.0003
0.11	1.078	0.0090	0.0080	0.0085	0.009	126.82	0.0005
0.16	1.568	0.0125	0.0125	0.0120	0.012	127.14	0.0003
0.21	2.058	0.0160	0.0160	0.0165	0.016	127.30	0.0003
0.26	2.548	0.0190	0.0200	0.0200	0.020	129.56	0.0006
			k_{ave}			127.36	0.0004

ผลการทดลองหาค่าคงที่ของสปริงจากแรงกดสปริง

จาก Table 2 แสดงผลการทดลองการหาค่าคงที่ของสปริงโดยการหาจากแรงกดของตำแหน่งชุดยิงในชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ซึ่งมีระยะตำแหน่งชุดยิงที่ 0.035 m, 0.065 m และ 0.095 m ตามลำดับ จากการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดของสปริงกับตำแหน่งล็อคของชุดยิงโปรเจคไทล์ สามารถคำนวณหาค่าคงที่ของสปริงเฉลี่ยจากสมการข้างต้นได้ เท่ากับ 128.69 $\pm$ 0.01 N/m ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับผลจากการทดลองใน Table 1 และสอดคล้องกับ (Khambun, 2018) ที่แสดงการหาค่าคงที่ของสปริงจากตำแหน่งระยะยืดสปริง วิธีการที่ใช้ในการทดลองทั้งสองวิธีนี้สามารถยืนยันผลการทดลองว่ามีความสอดคล้องของผลลัพธ์ในการคำนวณค่าคงที่ของสปริงได้

Table 2 The experimental results of the spring constant for the force of the spring in the simple projectile motion experiment.

Sequence	M (kg)			M_{ave}	k	SD
	1	2	3	(kg)	(N/m)	
0.035	0.444	0.457	0.458	0.453	126.84	0.01
0.065	0.866	0.868	0.860	0.865	130.37	0.00
0.095	1.257	1.225	1.266	1.249	128.88	0.02
		k_{ave}			128.69	0.01

ผลการทดลองหาความเร็วต้นของลูกกระสุนเคลื่อนที่ในแนวระดับออกจากปลายท่ออลูมิเนียม

ผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม จากการศึกษาและพัฒนาชุดทดลองเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ ดังตาม Figure 1 ไว้หลายระดับ จาก Table 3 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม กำหนดชุดล็อคของเครื่องยิงโปรเจคไทล์ไว้ระดับที่ 1 จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความสูงของเครื่องจากตำแหน่งกึ่งกลางของท่ออลูมิเนียมถึงพื้นบนในแนวระนาบที่ระยะ 0.30 m, 0.35 m, 0.40 m, 0.45 m และ 0.50 m ตามลำดับ คำนวณหาความเร็วต้นของลูกกระสุนที่เคลื่อนที่ออกจากปลายท่ออลูมิเนียม จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ยกกำลังสองแสดงดัง Figure 2 พบว่า ความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุนที่ตำแหน่งยิงล็อคที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.32 m/s ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Khambun, 2018; Sittichai and Rattanapong, 2020; Kovacevic et al., 2024) ที่ได้รายงานว่า ค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่แตกต่างกันของชุดทดลองและผลกระทบที่มีต่อความเร็วต้นของลูกกระสุน โดยการเพิ่มระดับความสูงจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยระยะทางกำลังสอง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากกราฟใน Figure 2

Table 3 The recorded data for determining the initial velocity based on the measured distance from the position of firing lock 1.

y (m)	position of firing lock; X (m)			X (m)	X^2 (m)	SD
	1	2	3			
0.30	0.549	0.565	0.571	0.562	0.315	0.01
0.35	0.603	0.604	0.605	0.604	0.365	0.00
0.40	0.624	0.626	0.643	0.631	0.398	0.01
0.45	0.664	0.669	0.672	0.668	0.447	0.00
0.50	0.720	0.747	0.754	0.740	0.548	0.02

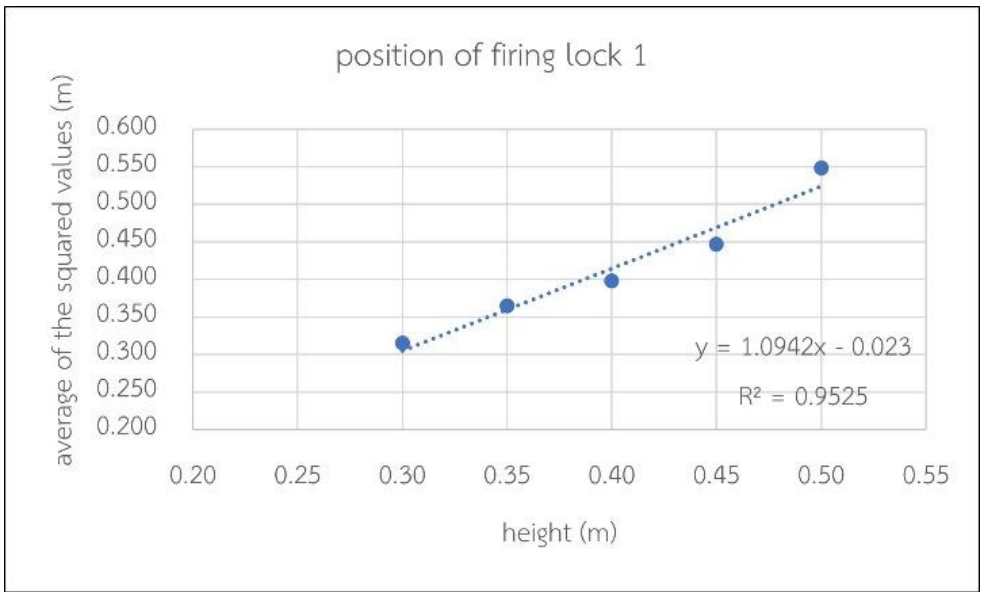


Figure 2 Graph showing the relationship between height and the average of the squared distance of the measured distances from firing lock position 1 to determine the initial velocity of the projectile.

จาก Table 4 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม กำหนดชุดล็อคของเครื่องยิงโปรเจคไทล์ไว้ระดับที่ 2 จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความสูงของเครื่องจากตำแหน่งกึ่งกลางของท่ออลูมิเนียมถึงพื้นบนแนวระนาบที่ระยะ 0.30 m, 0.35 m, 0.40 m, 0.45 m และ 0.50 m ตามลำดับ คำนวณหาความเร็วต้นของลูกกระสุนที่เคลื่อนที่ออกจากปลายท่ออลูมิเนียม จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ยกกำลังสองแสดงดัง Figure 3 และจากการคำนวณความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุนที่ตำแหน่งยิงล็อคที่ 2 ได้ค่าเท่ากับ 3.83 m/s ค่า

ดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่แตกต่างกันของชุดทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Khambun, 2018; Sittichai and Rattanapong, 2020; Kovacevic et al., 2024) ที่กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (y) กับระยะทางยกกำลังสองสามารถคำนวณหาค่าความเร็วต้นของลูกกระสุนได้ แสดงดังกราฟใน Figure 3

Table 4 The recorded data for determining the initial velocity based on the measured distance from the position of firing lock 2

y	position of firing lock; X (m)			X	X^2	SD
(m)	1	2	3	(m)	(m)	
0.30	1.214	1.237	1.238	1.230	1.512	0.01
0.35	1.287	1.308	1.336	1.310	1.717	0.02
0.40	1.341	1.346	1.349	1.345	1.810	0.00
0.45	1.367	1.373	1.396	1.379	1.901	0.02
0.50	1.435	1.464	1.520	1.473	2.170	0.04

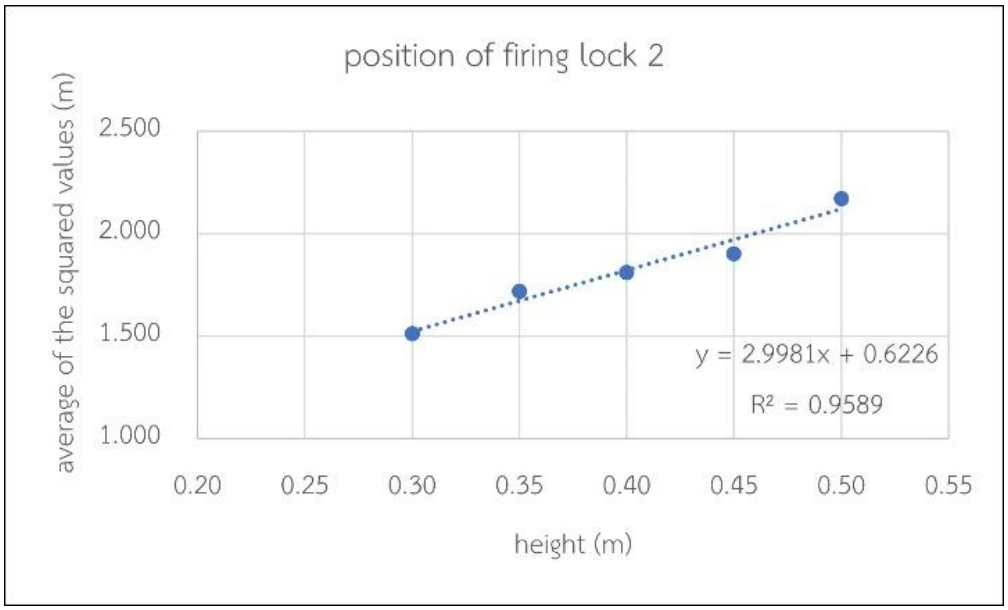


Figure 3 Graph showing the relationship between height and the average of the squared distance of the measured distances from firing lock position 2 to determine the initial velocity of the projectile.

ผลการทดลองการเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้จากการเปลี่ยนมุมยิงของลูกกระสุน

จาก Table 5 แสดงผลการทดสอบสรรถนะจากการเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้จากการเปลี่ยนมุมยิงของลูกกระสุนในชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม และชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์มาตรฐานทั่วไป โดยกำหนดให้ระยะความสูงของชุดทดลองทั้งสองอยู่ที่ 0.3 เมตร ซึ่งทำการยิงที่มุม 30° 35° 40° 45° และ 50° จากผลการทดลองพบว่า ระยะทางที่ไกลที่สุดคือมุมยิงที่มุม 45° สำหรับชุดทดลองทั้งสองชุดนี้ ตามความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่ยิงและระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด ขณะมีมุมที่น้อยกว่า 45° และมากกว่า 45° จะทำให้ระยะทางลดลงตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์สอดคล้องกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ที่มุม 45° คือมุมที่ให้ระยะทางไกลที่สุด จากผลการทดลองที่แสดงใน Table 5 ชี้ให้เห็นว่า ทั้งชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียมและชุดทดลองโปรเจคไทล์มาตรฐานทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยของ (Khambun, 2018; Sittichai and Rattanapong, 2020; Kovacevic et al., 2024) ที่ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงระยะทางตามมุมที่ยิงโดยมุม 45° ยังเป็นมุมที่ให้ระยะทางที่ไกลที่สุดในทั้งสองชุดการทดลอง มีความสอดคล้องกับเนื้อหาการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ของ Poonyawatpornkul and Luksameevanish, (2019)

Table 5 Experimental results comparing the performance of a simple projectile motion setup using an aluminum tube and a standard projectile motion setup, based on the measured distances obtained from varying the firing angle of the projectile.

Sequence	angle (°)	Mean of the standard experiment (m)	Mean of the test set (m)
1	30	132.20	144.90
2	35	138.00	148.97
3	40	143.20	152.27
4	45	145.50	153.93
5	50	137.80	150.10

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายที่ใช้วัสดุราคาถูกและสามารถทดสอบสรรถนะของชุดทดลองในการหาค่าคงที่ของสปริง รวมทั้งการวัดความเร็วต้นของชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม ผลการทดลองจากการหาค่าคงที่ของสปริงจากตำแหน่งระยะยืดของสปริงจากการเปลี่ยนมวลชุดทดลองที่มีมวลตั้งแต่ 0.06 kg ถึง 0.26 kg พบว่า ค่าคงที่ของสปริงเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 127.36 + 0.0004 N/m และค่าคงที่ของสปริงที่ได้

จากการทดลองคำนวณหาแรงกดที่ตำแหน่งชุดยิงต่าง ๆ ได้แก่ 0.035 m, 0.065 m และ 0.095 m มีค่าคงที่สปริงเฉลี่ยเท่ากับ 128.69 + 0.01 N/m ซึ่งมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างของค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 1.04 % แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทดลองชุดการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์อย่างง่ายจากท่ออลูมิเนียม พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนระดับความสูงจาก 0.30 m ถึง 0.50 m จะส่งผลต่อความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุน โดยความเร็วเริ่มต้นเฉลี่ยที่ตำแหน่งยิงล็อคที่ 1 เท่ากับ 2.32 m/s และที่ตำแหน่งยิงล็อคที่ 2 เท่ากับ 3.83 m/s จากการทดลองที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและการเปลี่ยนแปลงความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุน โดยเมื่อเพิ่มระดับความสูงจะทำให้ความเร็วเริ่มต้นเพิ่มขึ้น และระยะทางกำลังสองที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับ จากผลการทดลองนี้สามารถบอกได้ว่า ความเร็วเริ่มต้นมีผลต่อระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ไกลขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมการการเคลื่อนที่โปรเจคไทล์ในทฤษฎีฟิสิกส์

การทดสอบสรรถนะของชุดทดลองจากการเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้โดยเปลี่ยนมุมยิง พบว่ามุมยิงที่ได้ระยะทางที่ไกลที่สุดเกิดจากมุม 45° ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ที่ระบุว่ามุม 45° คือมุมที่มีระยะทางในแนวระดับจากการวัดไกลที่สุด และระยะทางจากการวัดเมื่อยิงที่มุมอื่นๆ ระยะทางลดลงตามลำดับ การทดลองทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องและความถูกต้องของผลการทดสอบทั้งในเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ ซึ่งช่วยยืนยันถึงการพัฒนาชุดทดลองที่สามารถใช้งานได้จริง โดยไม่เพียงแต่ช่วยยืนยันทฤษฎีทางฟิสิกส์ แต่ยังสามารถนำไปใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่โปรเจคไทล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับที่เข้าถึงได้ง่ายและเหมาะสมกับการศึกษาในสถาบันการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้อการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Khambun, A. (2018). The development projectile experimental set by automatic angle. *Advanced Science, 18*(1), 81-96. https://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/18-1/chapter-6.pdf

Kongraksaa, N. (2014). Cloud computing and education management in the 21st century. *Journal of Vocational and Technical Education*, *4*(7), 52-59. https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/JVTE/article/view/1726/1241

Kovacevic, M. S., Kuzmanovic, L., Kovacevic, S., & Milosevic, M. M. (2024). An experiment for the study of projectile motion. *Revista Mexicana de F´ısica E*, 21, 1-5. https://rmf.smf.mx/ojs/index.php/rmf-e/article/view/7277/6938

Office of Academic Standards and Educational Quality, Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education. (2008). *Indicators and core learning contents of the science learning area according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (2008)*. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand.

Parker, G. W. (1977). Projectile motion with air resistance quadratic in the speed. *Am. J. Phys*, *45*(7), 606. DOI: 10.1119/1.10812

Poonyawatpornkul, J., & Luksameevanish, V. (2019). Development of scientific understanding using high-speed video analysis technique: Case study on projectile motion. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, *30*(1), 71–84. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/186818/131491

Ruangbun, T., & Wuttiprom, S. (2016). Designing and developing electromagnetic induction projectile launcher. *Journal of Research Unit Science, Technology and Environmental Learning, 7*(1), 191-203. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/7661/6980

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Physics for scientists and engineers with modern physics* (9th ed.). Brooks/ Cole. https://salmanisaleh.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/physics-for-scientists-7th-ed.pdf

Sittichai, R., & Rattanapong, K. (2020). Designing and Developing Electromagnetic Induction Projectile Launcher. *Journal of Science and Technology Education, 8*(2), 55-67. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/7661/6980